

CZ. II Oczyszczalnia ścieków – bilans jakościowy i ilościowy

dr Eugeniusz Klaczyński,
Piotr Ratajczak
Envirotech w Poznaniu

Właściwe przygotowanie bilansu jakościowego i ilościowego ścieków dopływających do oczyszczalni przed rozpoczęciem opracowywania projektu jest najważniejszym elementem, wpływającym później na właściwy dobór objętości wykorzystywanych zbiorników, optymalizację doboru urządzeń i elastyczność zaprojektowanej technologii.

Projektowanie oczyszczalni całkowicie od podstaw na obszarze, gdzie nie istnieje również sieć kanalizacyjna, zmusza projektantów do wykorzystywania własnych doświadczeń. Wynikają one głównie ze zrealizowanych i eksploatowanych na podstawie przygotowanych projektów branżowych inwestycji. Oczywiście ważne jest też wykorzystanie normy zużycia wody i wytycznych branżowych w zakresie jakości i ilości ścieków, a także uwzględnienie różnych grup użytkowników, którzy siecią kanalizacyjną lub z wykorzystaniem wozów asenizacyjnych będą dostarczać ścieki do oczyszczalni. Temat ten został zasygnalizowany w poprzednim artykule.

Kto pyta, nie błądzi

Bardzo często projektanci na etapie opracowywania bilansów najmniej uwagi przywiązują do informacji, które posiadają osoby zajmujące się bezpośrednio eksploatacją sieci kanalizacyjnej. Właśnie operatorzy znają punkty niewralgiczne sieci kanalizacyjnej, w których dochodzi do dużej infiltracji ścieków do kanalizacji. Posiadają informacje o tym, gdzie występują awarie spowodowane osadzeniem się tłuszczu odkładających się w kinetach czy przepompowniach sieciowych. Wiedzą o korzystających z usług kanalizacyjnych zakładach przemysłowych i punktach usługowych zrzucających „specyficzne ścieki”, które nie powinny trafiać do kanalizacji. Doskonale znają przewymiarowane odcinki sieci, w których zbyt długie przetrzymanie ścieków jest przyczyną ich zagniwania i w konsekwencji powstawania odorów. Właściwe uporządkowanie przez operatorów kanalizacji (w trakcie opracowywania projektu budowy czy modernizacji oczyszczalni) przedstawionych problemów eksploatacyjnych może ograniczyć „przewymiarowanie” projektu, a w konsekwencji wybudowanie i eksploatację zaawansowanych urządzeń w oczyszczalni, które nie są tam w normalnych warunkach potrzebne. Dlaczego w oczyszczalni ma funkcjonować piaskownik napowietrzany, usuwający tłuszcze dopływające do oczyszczalni, jeśli jedynym proble-

mem jest zakład produkcji spożywczej czy ubojnia, które nie stosują właściwej separacji zanieczyszczeń ścieków odprowadzanych do sieci kanalizacyjnej? Po co stosować pomiar on-line ilości fosforu dopływającego siecią kanalizacyjną do oczyszczalni, który steruje dawkowaniem koagulantu, szczególnie w okresach ponadprzeciętnych wartości w niektórych okresach w ściekach, jeśli jedynym problemem jest zakład przemysłowy? Zakład musi posiadać i prawidłowo eksploatować instalację podczyszczającą, aby jakość ścieków przemysłowych (odprowadzanych do kanalizacji) była zgodna z prawem. Przedsiębiorca winien posiadać pozwolenie wodno-prawne na zrzut ścieków przemysłowych do sieci kanalizacyjnej lub pozwolenie zintegrowane. Pozwolenie musi być wydane przez odpowiedni organ na warunkach zgodnych z Rozporządzeniem Ministra Budownictwa z 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych. W załączniku nr 2 do rozporządzenia przewiduje się ustalanie wartości: BZT₅, ChZT, OWO, fosforu ogólnego i zawiesiny ogólnej przez eksploatatora oczyszczalni. Z przedstawionych przykładów wynika, że w interesie eksploatatora oczyszczalni ścieków powinno być równoczesne uprządkowanie zlewni ścieków. Trzeba ograniczać mnożenie nieuzasadnionych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, kontrolując również to, czy urządzenia podczyszczające są zamontowane przede wszystkim u dostawcy ścieków korzystającego z usług sieci kanalizacyjnej i oczyszczalni.

Porcja wiedzy

Łącznie z wiedzą o specyfice zlewni ścieków eksploatator powinien posiadać niezbędne dane z badań jakości ścieków, uzyskane od zakładów korzystających z sieci, a także wynikających z analiz przeprowadzanych dla własnych potrzeb podczas wrywkowych kontroli, a przede wszystkim z bieżących badań jakości ścieków na dopływie do oczyszczalni. Po-

siadanie jak największej ilości analiz ścieków dopływających do oczyszczalni gwarantuje łatwiejsze przygotowanie bilansów i przeprowadzenie niezbędnych opracowań z wykorzystaniem obliczeń statystycznych. Trudno przeprowadzić taką analizę statystyczną w oczyszczalniach poniżej 2000 RLM, gdzie zgodnie z obowiązującym prawem (DzU nr 137, poz. 984 z 2006 r. – rozporządzenie w sprawie warunków wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi) w pierwszym roku obowiązywania pozwolenia wodno-prawnego przeprowadza się cztery analizy, a jeżeli nie ma przekroczeń w każdym następnym – już tylko dwie. Przecież oczyszczalnia jest żywym organizmem, wykorzystującym specyficzne mikroorganizmy, które są narażone na zmienne warunki prowadzenia procesu. Wynikają one ze zmian jakościowych i ilościowych ścieków dopływających do oczyszczalni. Spowodowane są również zmiennymi warunkami zewnętrznymi (np. temperatura otoczenia), które każdego dnia, a nawet w różnych godzinach powodują powstanie odmiennych warunków technologicznych. W związku z tym nie da się ustalić charakterystyk na bazie dwóch czy czterech wyników w roku, a takie praktyki kontroli pracy oczyszczalni, wynikające ze sprawozdawczości i kontroli urzędowej są, niestety, dopuszczalne.

Oczyszczalnie modernizowane

Bardzo liczna grupa oczyszczalni nie jest budowana od podstaw, ale modernizowana z powodu wymagań ustawowych. Wiele przedsiębiorstw posiada jeszcze pozwolenie wodno-prawne wydane na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska z 29 listopada 2002 r., określające najwyższe dopuszczalne stężenie azotu ogólnego w odpływie z oczyszczalni na poziomie 30 mg N/l. Niestety, dla oczyszczalni o obciążeniu od 15 000 do 99 999 RLM wartość azotu ogólnego w odprowadzanych ściekach w nowych decyzjach administracyjnych obniży się do 15 mgN/l. W związku z tym wykonanie projektu modernizacji oczyszczalni jest ukierunkowane na obniżenie ilości azotu odprowadzanego z oczyszczalni, a przy okazji na wymianę zużytych urządzeń, unowocześnienie i dostosowanie do dzisiejszych rozwiązań systemów elektrycznych i automatyki. Często w oczyszczalniach, szczególnie w miejscowościach po-





wiatowych, okazuje się, że zlewnia ścieków nie ulega powiększeniu. Tworzą się nowe osiedla, podłączane są małe miejscowości, co powoduje kilkuprocentowy wzrost ilości ścieków, ale równocześnie zakłady przemysłowe przechodzą na technologie ograniczające zużycie wody i produkcję ścieków. W skrajnych przypadkach zakłady ulegają likwidacji i ilość ścieków w mieście, pomimo nowych podłączeń do sieci, ulega obniżeniu. Wtedy bilans jakościowy i ilościowy ścieków powinien opierać się przede wszystkim na danych, które wynikają z analizy ścieków prowadzonej przez właściciela instalacji i danych z planów rozwojowych miasta i gminy.

Istnieje cały szereg opracowań akademickich, opisujących problematykę właściwego wyznaczania ilości ścieków dopływających do oczyszczalni (w zależności od specyfiki zlewni kanalizacyjnej) i określania ładunków zanieczyszczeń, zwłaszcza dla obiektów budowanych od podstaw.

Ponieważ oczyszczalnie, szczególnie powyżej 2000 RLM, są jednak częściej modernizowane, a w związku z tym dobrym przykładem będzie pokazanie wpły-

wu właściwych założeń na przygotowanie bilansu oczyszczalni, który zostanie wykorzystany do projektowania. Analizę praktyczną przeprowadzono na podstawie wyników badań laboratoryjnych stężenia ChZT oraz BZT₅ i danych technologicznych o dobowych przepływach ścieków (Q – dobowym) z eksploatowanej obecnie oczyszczalni, zakładając hipotetycznie konieczność przeprowadzenia jej modernizacji. Głównie chodziło o pokazanie w zależności od przyjętych założeń, dlatego wybrano wyłącznie podstawowe wskaźniki. Chodziło również o określenie zależności podatności ścieków na biologiczne oczyszczanie. Konieczne jest więc przeanalizowanie wszystkich parametrów, a więc również zawiesiny ogólnej, azotu i fosforu. Bilans został przygotowany zgodnie z regułami statystycznymi¹ oraz na bazie analizy z punktu widzenia praktycznego – doświadczeń w funkcjonowaniu oczyszczalni ścieków.

Na podstawie wymienionych badań laboratoryjnych oraz pomiarów przepływów ścieków, wykonując analizę, określono:

$Q_{dśr}$ – średniobodowa wartość dopływu do oczyszczalni ścieków [m³/d],

L_{ChZT} – ładunek ChZT (chemiczne zapotrzebowanie na tlen) w ściekach dopływających do oczyszczalni w stosunku do $Q_{dśr}$ [kg O₂/d],

L_{BZT5} – ładunek BZT₅ (biochemiczne zapotrzebowanie na tlen) w ściekach dopływających do oczyszczalni w stosunku do $Q_{dśr}$ [kg O₂/d].

Wykorzystując dane eksploatacyjne, ilość ładunku zanieczyszczeń dopływającego do oczyszczalni obliczano jako iloczyn wydajności oraz stężenia, zgodnie z zależnością:

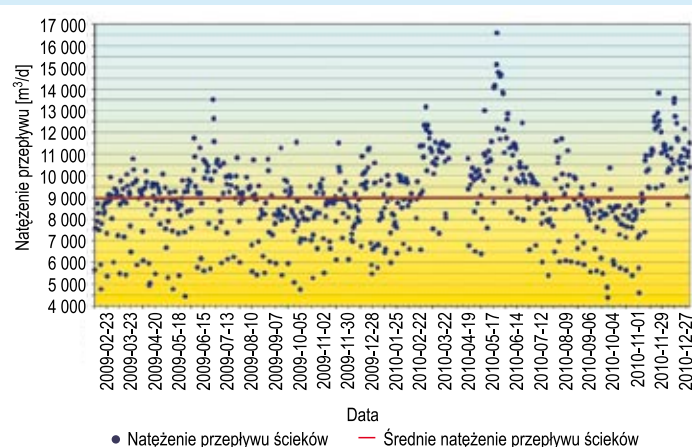
$$L = Q_{dśr} \cdot s \cdot 10^{-3} \text{ [kg/d]},$$

L – ładunek na dopływie do części biologicznej oczyszczalni [kg/d],

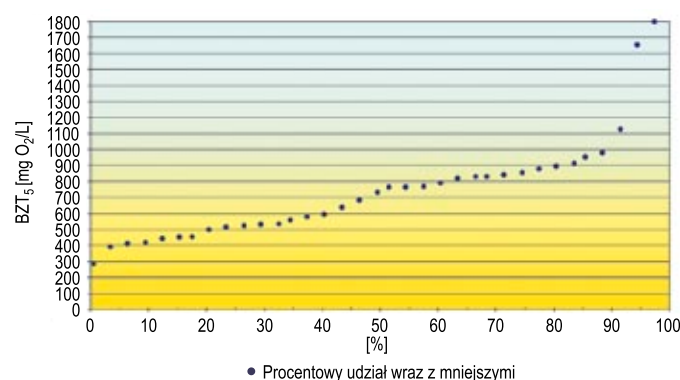
Q – natężenie dopływu do oczyszczalni ścieków [m³/d],

s – zmierzone stężenie na dopływie do oczyszczalni ścieków [mg/l].

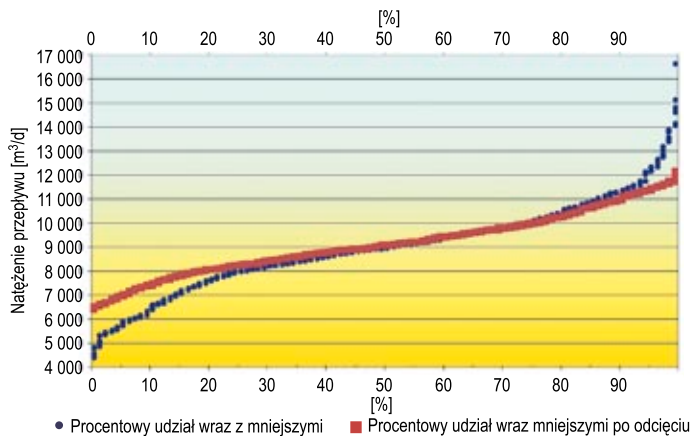
Na podstawie raportów odczytano dobowe przepływy ścieków przez oczyszczalnię pomiędzy 9 lutego 2009 r. a 31 grudnia 2010 r., dzięki czemu sporządzono rysunek 1. Dobowa ilość ścieków dopływających do oczyszczalni wahała się w obserwowanym okresie dość znacznie – od 4386 do 16 616 m³ ścieków na dobę. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni jest w badanej oczyszczalni sumą z dwóch przepływomierzy, ponieważ ścieki dopływają z dwóch kierunków miasta niezależnymi kolektorami do budynku krat. Na etapie przeprowadzania wstępnej analizy wyników eksploatacji oczyszczalni zwrócił uwagę na okresy, kiedy zrzut ścieków był ponadnormatywny. Powodami nieznanego przekroczenia średniej arytmetycznej okazały się kontrolowany zrzut z zakładu przemysłowego oraz okres niewłaściwego działania jednego z przepływomierzy. Ponadto w dwóch okresach w czerwcu 2009 r. i maju 2010 r. występowały duże opady deszczu. Dzięki temu uzyskano wiarygodne informacje, które powinno się uwzględnić przy sporządzaniu bilansu. Pomogą one również na przykład określić dopływ maksymalnej ilości ścieków do oczyszczalni. Podczas dalszej analizy okazało się, że eksploatacja czasami bardziej lub mniej rzetelnie zapisywał informacje (w uwagach raportów dobowych z eksploatacji) o zdarzeniach, które mogą mieć istotny wpływ na jakość i ilość ścieków dopływających do oczyszczalni. Z tego przykładu wynika, jak ważne jest dokładne opisywanie uwag eksploatacyjnych, które mogą ułatwić odtworzenie warunków procesowych i odrzucenie w analizie wydarzeń nietypowych. Mają one wpływ na dokładne opracowanie wyników, określenie zależności pomiędzy parametrami czy sporządzanie bilansów. Na rysunku 1 niektóre przepływy dobowe przekraczają średnią



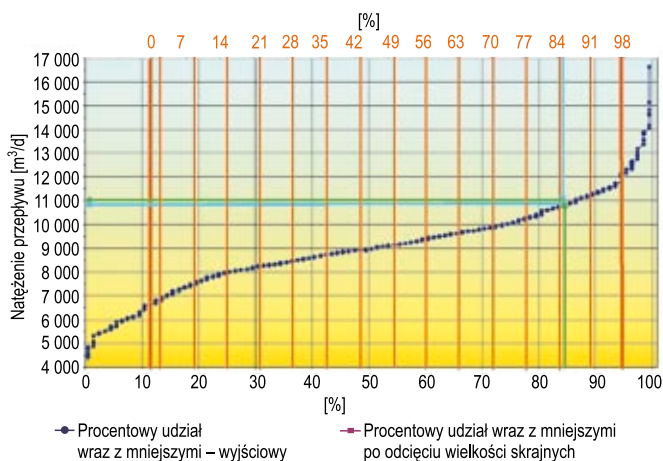
Rys. 1. Natężenie dopływu do oczyszczalni ścieków wraz z przyjętą wartością liniową (średnią)



Rys. 2. Rozkład prawdopodobieństwa wraz z mniejszymi dla stężenia BZT₅ na dopływie do oczyszczalni



Rys. 3. Rozkład prawdopodobieństwa wraz z mniejszymi dla dopływu ścieków (stała wartość argumentu)



Rys. 4. Rozkład prawdopodobieństwa wraz z mniejszymi przed i po odcięciu wartości skrajnych dla dopływu ścieków (stałe wartości dla różnych argumentów – percentyli)

wartość arytmetyczną (która wynosi 8991,19 m³/d i została zaznaczona kolorem czerwonym) nawet dwukrotnie. Trudno określić i odrzucić punkty zdecydowanie skrajne, bo brakuje wiarygodnych informacji o ich przyczynie.

Dobrym sposobem uporządkowania wartości przepływów i stężenia analizowanych parametrów jakościowych ścieków jest sporządzenie wykresu, pokazującego rozkład prawdopodobieństwa wraz z mniejszymi. Został on tutaj przedstawiony dla wartości stężenia BZT₅ w ściekach dopływających do oczyszczalni oraz dobowego przepływu ścieków przez oczyszczalnię (rysunki 2 i 3).

W trakcie sporządzania bilansu jakościowego przyjmuje się często jako wartość wskaźnika jakości ścieków (na podstawie której wymiaruje się urządzenia oczyszczalni) wynik punktowy dla percentyla 85%. W przypadku BZT₅ zawartego na rysunku 2 wynik punktowy dla percentyla 85% wynosi 950 mg O₂/L. Następnie otrzymaną wartość przelicza się na ładunek dobowy dla dopływu minimalnego, średniego (który również przyjmuje się na poziomie percentyla 85% pokazanego na rysunku 4 jako punkt z zielonymi strzałkami) oraz maksymalnego, dla jakiego oczyszczalnia będzie projektowana.

Po uporządkowaniu wartości poszczególnych parametrów i przedstawieniu ich na wykresie w postaci rozkładu prawdopodobieństwa wraz z mniejszymi, wyraźnie widać wartości, które w sposób rażąco odbiegają od większości wyników. Zakładając, że odrzucimy wartości skrajne i przyjmujemy naszym zdaniem najbardziej reprezentatywne dane, zobaczymy inny przebieg rozkładu prawdopodobieństwa wraz z mniejszymi. Przebieg rozkładu

REKLAMA



zielonalekcja.pl
portal edukacji ekologicznej

- Baza materiałów edukacyjnych, ścieżek dydaktycznych i ośrodków edukacyjnych związanych z edukacją ekologiczną
- Aktualne wydarzenia ekologiczne odbywające się w kraju i za granicą
- Nauka i zabawa z wykorzystaniem gier, multimedialnych oraz forum
- Konkursy dla dzieci i nauczycieli





prawdopodobieństwa na podstawie wszystkich wyników (kolor niebieski) i po odcięciu wartości skrajnych (kolor brązowy) przedstawiono na rysunku 3. Odcięcie wartości skrajnych do dalszej analizy danych nastąpiło poniżej percentyla 10% oraz powyżej 90% (równomierne odcięcie zakresu dolnego i górnego o 10%). Na podstawie tego konkretnego przypadku można stwierdzić, że punkty w zakresie 27 do 78% percentyla dla pokazanych krzywych pokrywają się. Znaczna zmiana przebiegu krzywych przedstawionych na wykresie występuje w tym przypadku dla wartości poniżej 27% i powyżej 78% percentyla. Równocześnie zmienia się wartość 85% percentyla, widać to również na rysunku 4, gdzie wartość wyjściową 85% percentyla zaznaczono strzałkami i kolorem zielonym, a po odcięciu wartości skrajnych strzałkami i kolorem niebieskim. Dla wszystkich analizowanych wyników (bez odcinania wartości skrajnych) 85% percentyl przepływu dobowego ścieków przez oczyszczalnię wynosił 10 852 m³/d, a po równomiernym odcięciu zakresu dolnego i górnego wyników, parametr uległ obniżeniu o 6,2% – do wartości 10 186 m³/d. Przygotowując analizę i odrzucając wartości skrajne z zakresu dolnego i górnego, ale w sposób nierównomierny, tylko zakres wyraźnie odbiegający od pozostałych wyników (przedstawiony w tabeli 1) uzyskujemy nową wartość 85% percenty-

la 10 633 m³ ścieków na dobę. Podobne założenie uzyskano również dla analizowanego stężenia ChZT oraz BZT₅, a wyniki te również zaprezentowano w tabeli 1, razem z przyjętymi zakresami odcinania wartości skrajnych z zakresu dolnego i górnego wyników. Podano także wartości obliczone dla danego zakresu wyników odchylenia standardowego. W tabeli umieszczono również średnią arytmetyczną analizowanych wartości, która, jak widać, jest niższa od 85% percentyla w każdym analizowanym zakresie o ok. 10% i jest bardzo zbliżona do 50% percentyla. Wykorzystując średnią arytmetyczną czy rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia danej wartości (który najczęściej jest określany jako 85% percentyl), możemy sporządzić bilans parametrów istotnych dla wykonania projektu oczyszczalni. Przyjęcie jednak niewłaściwych założeń może być przyczyną niedoszacowania, jak również niepotrzebnego przewymiarowania układu technologicznego oczyszczalni ścieków.

Występujące w przyjętych analizach założenia mogą znacząco wpłynąć na technologię. Dobrym przykładem pokazującym oddziaływanie założeń na sporządzenie bilansu może być obliczenie właściwej objętości reaktora biologicznego. Upraszczając obliczenia i zakładając 10-procentową redukcję zanieczyszczeń w części mechanicznej oczyszczalni, a sa-

mą objętość komór biologicznego oczyszczania ścieków wyznaczając ze wzoru:

$$V_{BB} = \frac{L_{BZT5}}{q_0 \cdot z} \quad [m^3]$$

V_{BB} – łączna kubatura komór osadu czynnego [m³],

L_{BZT5} – ładunek BZT₅ na dopływie do części biologicznej oczyszczalni [kg O₂/d],
 q_0 – obciążenie osadu ładunkiem BZT₅ [kg BZT₅/d],
 z – założone stężenie osadu w reaktorze, kg/m³.

Na podstawie wartości zebranych w tabeli 2 widać, że objętość reaktora biologicznego zwiększa się z 22 409,20 m³ do 25 773,50 m³, czyli o 15% dla 85% percentyla pomiędzy percentylem, w przypadku którego równomiernie odcięto wartości skrajne, a percentylem bez odjęcia wartości skrajnych. Dzięki temu różnica w objętości reaktora wynosi 3364,3 m³. Dysproporcje pomiędzy percentylem 50% i średnią arytmetyczną a percentylem 85% powodują różnice w objętości reaktora nawet powyżej 2000 m³. Błędy na etapie przygotowywania założeń będą skutkowały ewidentnymi problemami z utrzymaniem właściwych parametrów ścieków w odpływie przy założonych parametrach obciążeń reaktora biologicznego.

Wybrane zagadnienia statystyczne

Statystykę i metody statystyczne wykorzystuje się do opisu różnych zjawisk masowych. W przypadku projektowania oczyszczalni ścieków będą nimi duża zmienność charakterystycznych wskaźników ilościowych oraz jakościowych na dopływie do oczyszczalni ścieków. Najważniejsze jest uzyskanie szczegółowej wiedzy o pracującym układzie, co zostało wcześniej pokazane i opisane. Wyniki analiz można rozpatrywać pod kątem teoretycznym, jednak właściwe wydaje się przedstawienie drogi uproszczonej z wykorzystaniem wzorów statystycznych. Wówczas przedstawienie obliczeń krok po kroku jest przystępniejsze i umożliwia nawet szybszą ocenę koncepcyjną sporządzonych bilansów. Podstawowymi zagadnieniami wykorzystywanymi przy takie formule obliczeń będą:

1. Odchylenie standardowe – określające przeciętne zróżnicowanie wokół wartości średniej arytmetycznej. Jest ono interpretowane jako pierwiastek kwadratowy z wariancji¹:

$s(x) = \sqrt{s^2(x)}$
 $s(x)$ – odchylenie standardowe,
 $s^2(x)$ – wariancja, wyznaczana z zależności:

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n}{n-1} (\bar{x}^2 - \bar{x}^2)}$$

Tab. 1. Porównanie wyników wskaźników dla różnych zakresów

Wariant	Parametr	Wartość średnia arytmetyczna	50% percentyl	85% percentyl	Odchylenie standardowe	Dolny zakres	Górny zakres
Wyjściowy bez odrzucania wielkości skrajnych	Q ₀₅ [m ³ /d]	8 991,19	8 948,00	10 852,00	1 875,05	0%	0%
	ChZT [mg O ₂ /L]	1 209,94	1 216,00	1 493,00	397,72	0%	0%
	BZT ₅ [mg O ₂ /L]	732,43	730,00	950,00	318,62	0%	0%
Równomierne odcięcie skrajnych wielkości	Q ₀₅ [m ³ /d]	8 656,10	8 853,00	10 186,00	1 474,76	10%	10%
	ChZT [mg O ₂ /L]	1 175,97	1 214,00	1 458,00	262,54	5%	5%
	BZT ₅ [mg O ₂ /L]	688,79	730,00	880,00	173,29	10%	10%
Różnorodne odcięcie skrajnych wielkości	Q ₀₅ [m ³ /d]	9 134,00	9 077,00	10 633,00	1 284,32	10%	5%
	ChZT [mg O ₂ /L]	1 156,27	1 210,00	1 454,00	242,60	5%	10%
	BZT ₅ [mg O ₂ /L]	679,47	681,00	880,00	177,78	5%	10%

– Wartości zaznaczone na rysunku 3
 – Wartości zaznaczone na rysunku 3

Tab. 2. Wpływ wybranych parametrów na kubaturę komór osadu czynnego

Wariant	Przyjęta wielkość wystąpienia parametru	Objętość reaktora biologicznego [m ³]
Wyjściowy bez odrzucania wielkości skrajnych	50% percentyl	16 330,10
	85% percentyl	25 773,50
	Wartość średnia	16 463,54
Równomierne odcięcie skrajnych wielkości	50% percentyl	16 156,73
	85% percentyl	22 409,20
	Wartość średnia	14 905,59
Różnorodne odcięcie skrajnych wielkości	50% percentyl	15 453,59
	85% percentyl	23 392,60
	Wartość średnia	15 515,70

i – kolejne wartości danej zmiennej losowej w próbie,
 \bar{x} – średnia arytmetyczna z próby,
 \bar{x}^2 – średnia arytmetyczna kwadratów wartości z próby,
 n – liczba elementów w próbie.

2. **Percentyl** – to kwantyl rzędu k/100, przy czym k = 1, ..., 99, czyli w naszych rozważaniach jest to procent wystąpienia danego przepływu bądź wskaźnika wyznaczony z rozkładu prawdopodobieństwa. Wykonując analizę wykorzystano 50% i 85% percentyl, który jest najczęściej stosowany przez projektantów jako wielkość określająca największe prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia.

Kwartyl to wartość badanej zbiorowości, która pod względem jednostek dzieli ją na określone części. Wyróżniamy następujące kwartyle, na podstawie których można dokonać weryfikacji przedziałów na wykresach logarytmicznych:

- **Kwartyl I**, tzw. dolny, który dzieli cechy na dwie części, z których dolna jest mniejsza bądź równa wartości odpowiadającej 25% jednostek zbiorowości, natomiast pozostałe 75% jest większych.

Tab. 3. Obliczeniowe współczynniki bezpieczeństwa – przeciążenia

Wariant	Q_{dmax}/Q_{dfr}	$t_{BZT5max}/t_{BZT5fr}$	$t_{ChZTmax}/t_{ChZTfr}$
Wyjściowy bez odrzucania wielkości skrajnych	1,84	4,54	3,64
Równomierne odcięcie skrajnych wielkości	1,31	1,85	1,95
Różnorodne odcięcie skrajnych wielkości	1,33	1,91	1,95

- **Kwartyl II** to wartość środkowa – mediana – wartość cechy dzieląca cały zbiór wartości na dwie jednakowe pod względem liczebności części w ten sposób, że jedna część ma wartości mniejsze, a druga większe. Wątpliwości może budzić rozbieżność, którą uzyskano pomiędzy 50% prawdopodobieństwem a średnią wartością arytmetyczną. Wynika to z faktu, że 50% percentyl jest konkretną zmierzoną wartością, spośród całego zbioru wyników, której została przyporządkowana wartość 50% wystąpienia prawdopodobieństwa. Jest więc wartością rzeczywistą, a nie uśrednioną ze zbioru wyników.

- **Kwartyl III**, tzw. górny, który dzieli cechy na dwie części, z których dolna jest mniejsza bądź równa wartości odpowiadającej 75% jednostek zbiorowości, natomiast pozostałe 25% jest większych.

Odnoszą się one do rozkładu normalnego pokazanego na wykresie 5b, nie-

mniej można je zaadaptować do odrzucania wielkości skrajnych na wykresie logarytmicznym przedstawionym na rysunkach 3 oraz 4.

3. Średnia arytmetyczna.

4. Wykres prawdopodobieństwa, który jest obrazem wystąpienia danej wartości wskaźników wraz z mniejszymi, wyznaczany jest ze wzoru:

$$p = \frac{(3 \cdot n_i - 1) \cdot 100}{3 \cdot n + 1} [\%]$$

p – procentowy udział wraz z mniejszymi [%],

n – liczba pomiarów danego wskaźnika;
 n_i – kolejny pomiar danego wskaźnika (wartości uszeregowane rosnąco).

Współczynniki bezpieczeństwa a 85% prawdopodobieństwo

Stosowane w trakcie obliczeń wartości współczynników bezpieczeństwa oraz percentyl wynikają z bezpośrednich wie-



REKLAMA



Rok założenia 1990

Latoszyn 31C, 39-200 Dębica, woj. podkarpackie
 tel./fax +48 14 670 08 27, +48 14 670 08 29
 GSM: +48 604 456 553 biuro@hydrobud.pl

Wykonywane prace:

- hydrodynamiczne czyszczenie kanalizacji w zakresie DN 100-1500
- inspekcja CCTV rurociągów w zakresie DN 50-1500 wraz z pełną dokumentacją na płytach DVD
- bezwypadkowe naprawy miejscowe sieci kanalizacyjnych
- renowacja obiektów kanalizacyjnych – uszczelnianie, naprawa, regulacja





www.hydrobud.pl



- MIERNIKI GAZÓW ATEX
- NARZĘDZIA NIEISKRZĄCE EX
- LATARKI I LAMPY ATEX
- PRZEDŁUŻACZE ATEX IP 68



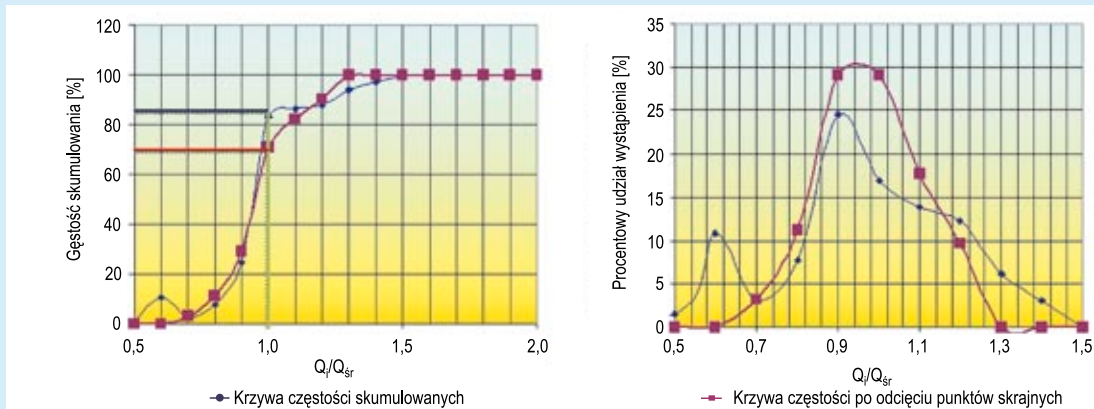

SPRZEDAŻ
SERWIS






- WYKRYWACZE GAZÓW
- SYSTEMY OŚWIETLENIA
- WIEŻE ŚWIETLNE
- ZABEZPIECZANIE TERENU

AK Serwis
 Adam Bocianowski, Kamil Pietras S.C.
 ul. Lipińska 77D/4A, 05-200 Wołomin
 tel./ fax (+48-22) 787-06-70, 883-766-863, 516-099-068
 e-mail: biuro@akserwis.pl
www.akserwis.pl



Rys. 5. a) Gęstość wartości skumulowanych natężenia dopływu do oczyszczalni ścieków. b) Rozkład normalny natężenia dopływu do oczyszczalni

oletnich obserwacji i doświadczeń eksploatacyjnych przełożonych na zależności teoretyczne. Jednym ze współczynników bezpieczeństwa jest współczynnik przeciążenia wyznaczany z zależności:

$$\frac{L_{maks}}{L_{sr}}$$

L_{maks} – ładunek maksymalny [kg/d],
 L_{sr} – ładunek średni [kg/d].

Wartość współczynnika przyjmuje się bezpiecznie w granicach od 1,5 do 3. Dla badanego przez nas przykładu przed i po odcieciu zakresów zmienia się on w zakresie przedstawionym w tabeli 3.

Z tabeli 1 wynika, że niezawężanie zakresu wyników branych pod uwagę w analizie powoduje podwyższenie współczynnika bezpieczeństwa. W związku z tym sami podnosimy wielokrotnie bezpieczeństwo obliczeń. Bezskrytycznie przyjmując do analizy wszystkie wyniki, odnotowujemy wysoką wartość przepływu dobowego, przyjmowanego jako wartość średnią (np. jako 85% percentyl) i wysoką wartość przepływu maksymalnego, który w przedstawionej przykładowej analizie w okresie deszczowym maksymalnie dwukrotnie przekroczył wartość średniej arytmetycznej. Zatem podnosimy bezpieczeństwo, stosując wyższy współczynnik bezpieczeństwa.

W publikacji autorstwa J. Łomotowskiego oraz A. Szpindora pt. „Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków”², autorzy powołując się na J. Bevera i innych („Zaawansowane metody oczyszczania ścieków”), wskazali, że obliczenia technologiczne i procesowe powinny być prowadzone dla przepływu oraz ładunków występujących z 85% prawdopodobieństwem. Z tabeli 2 wynika, że bez odrzucenia wartości wątpliwych z uwagi na nietypowe warunki technologiczne objętość reaktora będzie większa nawet o 15%, czyli 3364,3 m³. Argumentem uzasadniającym przyjmowanie w obliczeniach technologicznych 85-procentowego prawdopodobieństwa mają być krzywe

częstości skumulowanych, wykorzystujące wyznaczenie następującej zależności:

$$\frac{p_i}{p_{sr}}$$

p_i – rozpatrywany parametr (ładunek, przepływ) w danego zakresu,
 p_{sr} – parametr średni z całego zbioru analizowanych wartości danego parametru.

W dalszej kolejności określana jest procentowa gęstość skumulowania danej wartości przez obliczenie liczebności względnej z zależności:

$$1. \text{ dla } \frac{p_i}{p_{sr}} < 1$$

$$\frac{n_i}{n}$$

$$2. \text{ dla } \frac{p_i}{p_{sr}} \geq 1$$

$$1 - \frac{n_i}{n}$$

n_i – liczba jednostek o i-tym wariancie cechy,
 n – liczebność wszystkich rozpatrywanych parametrów p_i .

Na rysunku 5a pokazano, że wystąpienie danego parametru nie przekracza 85% percentyla, na który przypada wartość średnia wystąpienia. Odrzucenie punktów skrajnych powoduje wygładzenie przebiegu wykresu. Następuje również wyraźne obniżenie gęstości skumulowanej z 85% do 71% przy stałej wartości Q/Q_{dsr} równej 1. Krzywe częstości skumulowanych (bez odcinania wartości skrajnych i po odcieciu) pokrywają się dla gęstości skumulowanej 90%. Można byłoby dla nich zastosować współczynnik Q/Q_{dsr} równy 1,3, wynikający z wykresu 5a, chociaż jest on niższy od literaturowego (który minimalnie wynosi 1,5). Wyraźnie widać to na rysunku 5a, który został opracowany dla dopływu do oczyszczalni ścieków zgodnie z wartościami z rysunku 1. Stanowi on również rozwinięcie rozkładu normalnego, przedstawionego na rysunku 5b i jest zbliżony do wartości z tabeli 3 dla wariantów

z odciętym zakresem wartości. Odrzucenie punktów skrajnych na rysunkach 5a i 5b powoduje wygładzenie przebiegu wykresu (zaznaczony kolorem fioletowym).

Proces przygotowania właściwego bilansu ilościowego i jakościowego ścieków to niezbędny element, rzutujący na właściwy dobór urządzeń stosowanych w oczyszczalni ścieków. Na podstawie analizy można stwierdzić, że nie jest to proces prosty i należy postępować zgodnie z wytycznymi stosowanymi przez projektantów, bazując na doświadczeniu eksploatacyjnym. Ważne jest posiadanie przez inwestora-eksploatatora jak największej ilości danych, które projektant może wykorzystać w analizie. W szczególności przydatne są informacje umożliwiające wykluczenie wartości pojawiających się w okresach awarii urządzeń, kontrolowanych dużych awaryjnych zrzutów (np. ze zbiorników zakładów przemysłowych). Bardzo ważne są również informacje o ilości ścieków w okresie deszczów nawalnych które pomogą w określeniu współczynników bezpieczeństwa. Pozwolą również określić możliwości zastosowania retencji w sieci kanalizacyjnej, przetrzymanie nadmiaru ścieków w istniejących lub wybudowanych w oczyszczalniach ścieków zbiornikach awaryjnych. Wszystkie analizy i ich właściwa interpretacja na etapie przygotowania danych do projektowania mają duże znaczenie nie tylko ze względu na poziom kosztów inwestycyjnych, które będzie trzeba ponieść na rozbudowę i modernizację oczyszczalni, ale będą miały wpływ na elastyczność i możliwość optymalizacji eksploatacji po przeprowadzonym procesie inwestycyjnym.

Źródła

1. Paradyś J.: *Statystyka*. Akademia Ekonomiczna w Poznaniu. Poznań 2005.
2. Łomotowski J., Szpindor A.: *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. ARKADY. Warszawa 1999.