

**Marek Malarski**

Xylem Water Solutions Sp. z o.o.

**Cezary Rokicki**

Proffico Sp. z o.o.

# Nadszedł czas, aby powalczyć o „złoto” w napowietrzaniu ścieków

Rosnące ceny energii elektrycznej sprawiają, że poszukujemy coraz to nowocześniejszych i sprawniejszych technologii, które dzięki zaawansowanym rozwiązaniom zagwarantują wyższą funkcjonalność przy obniżonym zapotrzebowaniu na energię elektryczną. W typowej oczyszczalni ścieków napowietrzanie może pochłaniać nawet do 70% całkowitego zużycia energii elektrycznej, dlatego też jego ograniczenie jest kluczowym celem wielu użytkowników. Doskonałym przykładem znaczącej redukcji kosztów jest zastosowanie dyfuzorów panelowych. Dotychczasowe inwestycje wykazują, że dyfuzory *Sanitaire Gold* są w stanie obniżyć zużycie energii nawet o 20% w porównaniu do konwencjonalnych systemów napowietrzania drobnopęcherzykowego lub w porównaniu do innych technologii napowietrzania powierzchniowego.

**D**yfuzory membranowe *Sanitaire Gold* zostały zaprojektowane przez firmę Sanitaire – Xylem Water Solutions z myślą o zapewnieniu możliwie najwyższej efektywności energetycznej. Firma Proffico jest dystrybutorem tychże dyfuzorów na terenie Polski.

## 1. Sprawność techniczna

Dyfuzory membranowe serii *Sanitaire Gold* wyposażone są w membranę wykonaną z poliuretanu, dzięki czemu przy zachowaniu odpowiedniej konstrukcji podstawy uzyskano

jedną z wyższych wartości współczynnika SOTE (standardowa wydajność transferu tlenu) na rynku. SOTE to obiektywny wskaźnik sprawności danego systemu napowietrzania, ujmujący stosunek pomiędzy ilością tlenu dostarczanego do ścieków (faktycznie transferowanego i przyjmowanego) a ilością tlenu wtłaczanego do systemu przy użyciu dmuchaw. Niezależne badania wykonane przez Uniwersytet w Stuttgarcie dowiodły, że średni SOTE dla systemu *Sanitaire Gold* wynosi 7-8%/m zanurzenia, podczas gdy szeroko dostępne na rynku systemy rurowe

i dyskowe uzyskują wskaźniki poniżej 6,5%/m zanurzenia. Dlatego, panelowe dyfuzory serii *Sanitaire Gold* w określonych warunkach technicznych gwarantują wartość współczynnika SOTE sięgającą nawet 60%.

Kolejnym istotnym parametrem określającym sprawność systemu napowietrzania jest wskaźnik SAE (standardowa efektywność napowietrzania). SAE wyrażona w kg O<sub>2</sub>/kWh, określa stosunek pomiędzy ilością tlenu faktycznie przenieśmowanego do ścieków a ilością zużytej energii. Współczynnik SAE zależy od wspomnianego wcześniej



Rys. 1. Dyfuzor membranowy Sanitaire Gold

współczynnika SOTE, ale również od kilku innych parametrów, takich jak m.in. straty ciśnienia na membranie. Można zatem pokusić się o stwierdzenie, że wskaźnik SAE jest bardziej miarodajny, bo w pewnym sensie ujmuje już w sobie wskaźnik SOTE. Dobrym przykładem jest sytuacja, w której użytkownik analizując te dwa wskaźniki odnotuje zupełnie przyzwoity wskaźnik SOTE, jednakże opory na membranie systemu (wymagające wyższego sprężenia) spowodują istotne zmniejszenie wskaźnika SAE, co w konsekwencji dyskwalifikuje cały system.

W przypadku panelowych dyfuzorów *Sanitare Gold* membrana została wykonana z odpornego na odkształcenia poliuretanu, charakteryzującego się dodatkowo niskimi stratami ciśnienia. Trwałość techniczna takiej membrany zwykle wynosi 10 lat. Podstawy dyfuzorów na rurciągach doprowadzających powietrze wykonano z odpornego na uderzenia UPVC o średnicy Dz110, sprawiającego, że spadki ciśnienia na całej instalacji zabudowanej w reaktorze biologicznym mogą być znacznie niższe niż te, które spotyka się nawet w najbardziej sprawnych systemach napowietrzania stosowanych obecnie na rynku.

Dzięki tym charakterystycznym cechom, system napowietrzania *Sanitaire Gold* osiąga wskaźniki SEA nawet do 8 kg O<sub>2</sub>/kWh. Należy zwrócić uwagę, że SAE odzwierciedla nie tylko SOTE i straty ciśnienia w systemie, ale również sprawność dmuchaw. Istotne jest więc, aby analizę porównawczą całkowitych kosztów wykonania, eksploatacji oraz oczekiwanych oszczędności wykonać dla tego samego typu dmuchaw.

Uwzględniając powyższe, podczas planowania inwestycji i wyboru odpowiedniego systemu napowietrzania, podstawowym wskaźnikiem, który powinien kwalifikować rozwiązanie techniczne pod względem jego sprawności, powinien być przede wszystkim wskaźnik SAE, a dopiero w drugiej kolejności wskaźnik SOTE.

## 2. Cechy konstrukcyjne

Wyróżniającą cechą dyfuzorów *Gold Series* jest ich modułowa konstrukcja, która znacznie ułatwia i przyspiesza instalację systemu. Dyfuzory są dostępne w kilku wielkościach, co decyduje o ich elastyczności w zakresie dopasowania do wszystkich konfiguracji zbiorników (długość 700, 1500 i 2286 mm). Jak już wcześniej wspomniano, dyfuzory

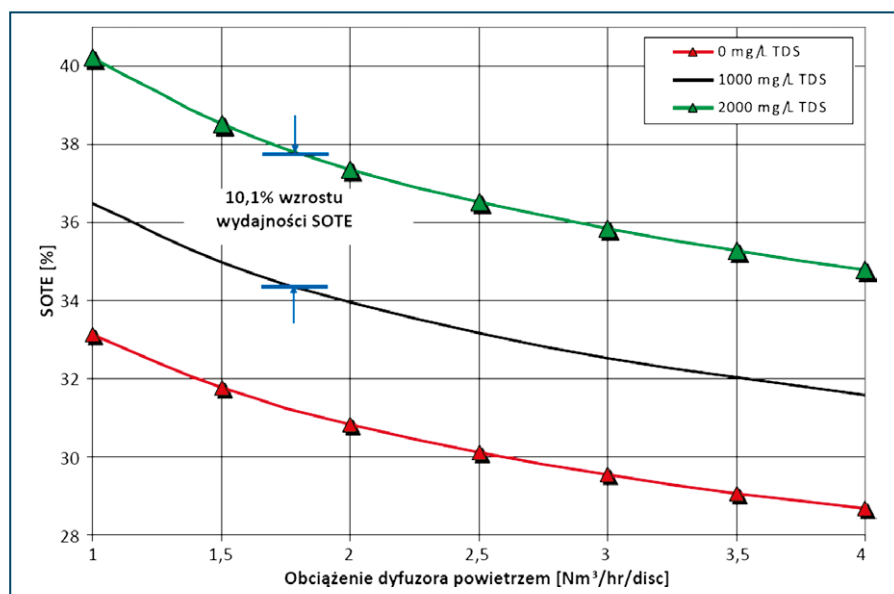
*Sanitaire Gold* obsadzone są na sprawdzonych i stosowanych przez kilka ostatnich dziesięcioleci rurciągach wykonanych z odpornego na uderzenia i działanie promieniowania UV UPVC. Wsporniki wykonywane ze stali nierdzewnej klasy AISI 304 lub 316 zapewniają idealne wypoziomowanie całego systemu i jego demontaż. Bezstopniowa regulacja wysokości zapewnia precyzyjne wypoziomowanie systemu nawet w zbiornikach z nierównym dnem. Istotną cechą dyfuzorów *Sanitaire Gold* jest również to, że membrana jest elementem podlegającym wymianie bez konieczności wymiany całych dyfuzorów. Eksploatacja i serwis nie kryją żadnych dodatkowych kosztów użytkownika czy serwisowania.

## 3. Rynkowe dwuznaczności i pułapki

Każdy z nas, planując inwestycję, które pociągają za sobą spore wydatki finansowe, zastanawia się w jakiej mierze ta inwestycja może przełożyć się na rzeczywiste obniżenie kosztów eksploatacji, wzrost wygody użytkownika, a w efekcie końcowym na uzyskanie zamierzonych oszczędności. Zastanawiamy się, czy nie wpadniemy w kolejną pułapkę perfekcyjnie przygotowanej kampanii reklamowej i czy w ogóle proponowany zestaw nowych funkcjonalności ułatwi nam codzienne życie, nie niosąc ze sobą dodatkowych, ukrytych, kosztów. Dlatego, przy każdorazowej modernizacji oczyszczalni ścieków zawsze sugerujemy przeprowadzenie analizy potencjalnych kosztów zakupu i eksploatacji systemu napowietrzania. Przy wyborze odpowiedniego

i najbardziej sprawnego systemu napowietrzania, z reguły kierujemy się określeniem współczynników SOTE i SAE. Jednakże, i w tym przypadku diabeł tkwi w szczegółach, a w związku z tym również i tutaj powinniśmy zachować należytą staranność.

Projektowanie oczyszczalni ścieków ujmuje z reguły pewien perspektywiczny okres, co w momencie uruchomienia nowej instalacji napowietrzania nie daje nam możliwości pełnej weryfikacji systemu przy docelowym obciążeniu (typowym mankamentem jest częsty brak wymagań dotyczących konieczności przeprowadzenia testów nowej instalacji). Badania wskazują, że na szybkość transferu tlenu, a tym samym na wskaźnik SOTE, ogromny wpływ ma ilość substancji rozpuszczonych zawartych w ściekach (TDS wyrażony w mg/l). Powszechnie wiadomo, że szybkość transferu tlenu rośnie wraz ze wzrostem TDS. Zarówno normy amerykańskie, jak i wytyczne DWA oraz EN, nie określają jednoznacznie dla jakiej wartości TDS powinien zostać podany współczynnik SOTE, a jedynie sugerują wartość uśrednioną albo 1000 mg/l. Większość markowych producentów podaje swoje wyniki dla wartości TDS = 1000 mg/l, jednak warto byłoby pamiętać o tym, że różnica we wskaźniku SOTE, podanym dla wartości np. 2000 mg/l, może być zawyżona o ok. 10% w stosunku do normowej wartości TDS, czyli 1000 mg/l. W przypadku, gdy zrealizowana instalacja odniesiona została do TDS = 2000 mg/l, można się liczyć z zagrożeniem niewydolnością układu napowietrzania w czasie, gdy obciążenia oczyszczalni ścieków będą



Rys. 2. Ilustracja zależności wskaźnika SOTE od ilości substancji rozpuszczonych (TDS)

się zbliżyć do wartości maksymalnych. Dlatego widzimy, że w sposób sztuczny i kreatywny można zawyżyć sprawność proponowanego rozwiązania, w związku, z czym niesie to ze sobą praktyczne ryzyko manipulacji wskaźnikiem SOTE przez nieuczciwych dostawców systemów napowietrzania. Należy o tym pamiętać określając w dokumentacji technicznej podstawowe parametry systemu napowietrzania i warunki, dla jakich powinny być one spełnione.

#### 4. Analiza ekonomiczna

Przykładową analizę przeprowadzono dla standardowego zapotrzebowania na tlen – SOR = 830 kg O<sub>2</sub>/h, dla jednego ciągu technologicznego. Uwzględnione zostały koszty zakupu oraz 10-letni okres eksploatacji systemu napowietrzania. Dla porównania i oszacowania potencjalnych zysków, analizę wykonano dla dobrze znanego dyskowego systemu napowietrzania *Silver II* (membrany wykonane z EPDM) oraz dla nowego panelowego systemu napowietrzania *Silver Gold*. Oba systemy – dyskowy i panelowy – zostały wyprodukowane przez tego samego producenta, firmę Sanitare. Jako że oczyszczalnia ścieków w okresie długofalowym nie pracuje z pełnym obciążeniem, kalkulacja kosztów uwzględnia średnie obciążenie obiektu na poziomie 70%. Wyniki analizy przedstawiono na wykresie na rys. 3.

Dziesięcioletni okres eksploatacji, to oszczędności rzędu 840 000 zł dla jednego ciągu technologicznego i blisko 1 700 000 zł dla dwóch ciągów technologicznych. Oszczędności te

realizowane są dzięki znacznie wyższemu współczynnikowi SAE dla systemu *Gold*. Ilość powietrza niezbędna do zagwarantowania dostawy maksymalnej obliczeniowej ilości tlenu (SOR) wynosi  $Q_p = 8620 \text{ N}\cdot\text{m}^3/\text{h}$ , zaś w przypadku standardowego systemu napowietrzania  $Q_p = 10550 \text{ N}\cdot\text{m}^3/\text{h}$ . Dodatkowo, strata ciśnienia na dyfuzorze jest ok. dwukrotnie niższa, co sprawia, że dostawa powietrza dla systemu napowietrzania *Gold* może być realizowana przy niższym sprężu dmuchaw. Dzięki temu, końcowe zapotrzebowanie na moc w przypadku systemu napowietrzania *Gold* maleje ze 168 kW do 133 kW (z 336 kW do 266 kW dla dwóch ciągów technologicznych).

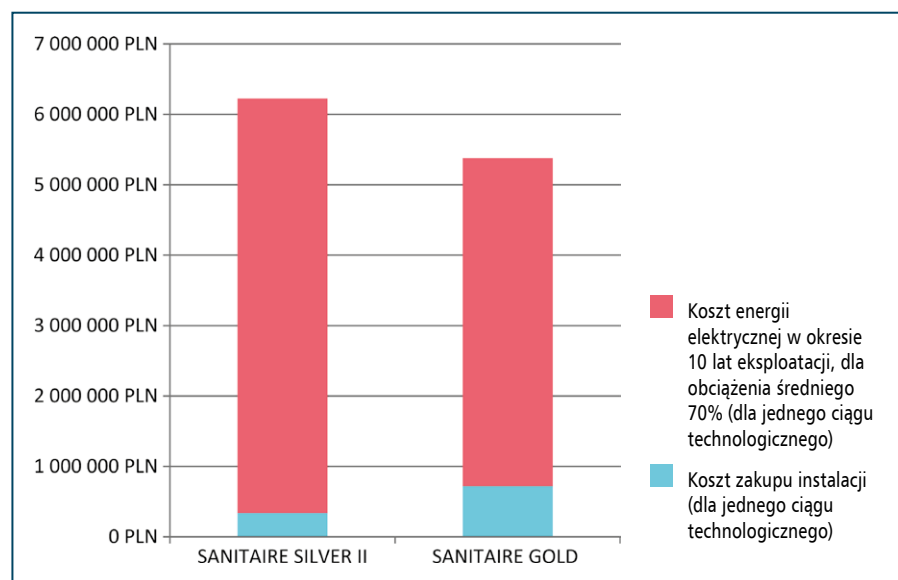
#### 5. Przykładowe referencje

Dyfuzory *Gold* sprawdzono w praktyce, stosując je jako rozwiązanie charakteryzujące się najwyższymi oszczędnościami energetycznymi. Dyfuzory *Sanitaire Gold* zastosowano ostatnio na rozbudowywanej oczyszczalni ścieków Modgen w Londynie (ok. 2 mln RLM). Do innych ciekawych referencji zaliczyć można instalację na oczyszczalni ścieków Calco Toffo w północnych Włoszech. Obsługując ponad 25 tysięcy mieszkańców, borykała się ze wzrostem ilości dopływających ścieków. Przed modernizacją proces napowietrzania ścieków był prowadzony przy użyciu 6 napowietrzaczy mechanicznych o mocy 22 kW każdy. Po wielu latach eksploatacji, wydajność transferu tlenu zmalała w takim stopniu, że proces oczyszczania nie zawsze odbywał się prawidłowo, a zużycie energii

elektrycznej dawało użytkownikowi powody do niezadowolenia. W związku z rosnącymi karami finansowymi nakładanymi z tytułu przekraczania limitowanych parametrów ścieków i coraz większymi kosztami eksploatacyjnymi, zarząd firmy zarządzającej spółką wodno-ściekową zainicjował program modernizacji oczyszczalni.

Ponieważ głównym mankamentem obiektu była efektywność systemu napowietrzania, w pierwszym etapie dokonano oceny możliwości wymiany istniejących urządzeń, poprzez zastąpienie ich wysoko sprawnym systemem napowietrzania drobnopęcherzykowego. Z uwagi na niewielką głębokość zbiornika (3,2 m), ostrym wymaganiam technicznym sprostało tylko dwóch dostawców systemów napowietrzania. Z uwagi na to, że wyniki związane z wydajnością procesową były zasadniczo jednakowe dla obu systemów, w dalszej kolejności uwagę inżynierów skupiła kwestia zużycia energii elektrycznej. Z punktu widzenia efektywności energetycznej (wskaźnik SAE), marka *Sanitaire* osiągnęła znacznie lepsze wyniki w porównaniu z technologią firmy konkurencyjnej. Dyfuzory serii *Sanitaire Gold* pozwalały, bowiem, na obniżenie zużycia energii o ok 20% w porównaniu do konwencjonalnych systemów napowietrzania drobnopęcherzykowego. Było to możliwe dzięki właściwościom technologicznym zastosowanej membrany (poliuretan), a także dzięki większej średnicy rur doprowadzających powietrze do dyfuzorów, powodujących mniejsze straty na przepływie (zmniejszenie sprężu dmuchaw). Wspomniane wyżej oszczędności stają się niezmiernie istotnym czynnikiem, jeżeli weźmie się pod uwagę fakt, iż koszty związane z procesem napowietrzania stanowiły w tym przypadku aż 65% wszystkich kosztów procesu oczyszczania ścieków.

Trzecim, ale wciąż niezmiernie istotnym, elementem ocenianym przez klienta była szybkość i prostota montażu systemu. Było to spowodowane wysokim stanem wód gruntowych, mogących powodować powstawanie krytycznych naprężeń w opróżnianych zbiornikach (oczyszczalnia ścieków Calco Toffo zlokalizowana jest zaledwie kilka metrów powyżej powierzchni wody rzeki Adda). Również i w tym przypadku łatwość instalacji systemu *Sanitaire* stanowiła jego kolejną zaletę. Cecha ta została osiągnięta poprzez prefabrykację poszczególnych



Rys. 3. Wykres porównawczy ujmujący koszty inwestycyjne i koszty zużycia energii elektrycznej



Rys. 4. Instalacja w Londynie – Oczyszczalnia Ścieków Modgen

skorzystać z dofinansowania w ramach systemu białych certyfikatów (efektywności energetycznej) przyznawanych na innowacje technologiczne.

## 6. Producenci i dystrybutorzy

Sanitaire pod skrzydłami Xylem, to wiodąca na świecie marka systemów napowietrzania wglębnego, z ponad 40-letnim doświadczeniem w zakresie projektowania, badania i zastosowania nowoczesnych technologii w oczyszczaniu ścieków. Do tej pory firma zainstalowała na całym świecie blisko 40 mln dyfuzorów charakteryzujących się niskim zużyciem energii, dużą wytrzymałością mechaniczną oraz gwarancją długiej bezawaryjnej pracy przy zachowaniu minimalnych wymagań w zakresie konserwacji. Sanitare w swojej ofercie posiada wiele typów dyfuzorów, w tym panelowe i dyskowe (membranowe i ceramiczne).

Firma Proffico jest dystrybutorem firmy Xylem na terenie Polski, zapewniającą pełną obsługę techniczną, w tym doradztwo, dobór i projektowanie instalacji oraz dostawę i montaż systemów napowietrzania, pomp i mieszadeł Flygt. Ponadto, Proffico w ramach swojej działalności realizuje instalacje wysokoefektywnego odwadniania osadów ściekowych przy użyciu tłokowych pras Bucher (np. komunalne oczyszczalnie ścieków w Radomiu i Puławach). 💧

elementów i dostarczenie dyfuzorów, jako kompletnych urządzeń gotowych do montażu.

Po zakończeniu montażu przystąpiono do rozruchu i analizy pierwszych wyników procesu oczyszczania. Wyniki potwierdziły, że dokonano właściwego wyboru, gdyż wszystkie zaobserwowane wartości bez problemu mieściły się w dopuszczalnym zakresie. Krótco po uruchomieniu i powrocie do kontroli pomiarów on-line, zaobserwowano znaczny spadek zużycia energii elektrycznej – aż o 50%. Dodatkowo, nowo zainstalowany system działał znacznie ciszej niż stary system napowietrzania powierzchniowego. Podobny rezultat osiągnięto w kolejnych miesiącach, oraz w trudnym okresie zimowym. Według Pana Castelnuovo – dyrektora firmy eksploatującej oczyszczalnię, najlepszy dowód wzrostu sprawności nowego systemu pojawił się przy porównaniu rachunków za energię elektryczną. W roku 2013, rachunek za energię oczyszczalni wynosił zaledwie 146 tys. euro, w porównaniu do 250 tys. w roku poprzedzającym modernizację. Szacowano, że zwrot z inwestycji w tym przypadku powinien nastąpić w ciągu trzech

lat od uruchomienia, ale w rzeczywistości zwrot ten był jeszcze szybszy z uwagi na fakt, że dzięki oszczędnościom energetycznym, oczyszczalnia mogła



Rys. 5. Instalacja napowietrzania i mieszania ścieków zrealizowana przez Proffico – Oczyszczalnia Ścieków Morąg