

Jacek GRYGIERCZYK<sup>1</sup>, Stanisław POREŃBSKI

## ODNOWA I UZDATNIANIE WODY Z ZASTOSOWANIEM MIKROFILTRACJI

**Streszczenie.** Przedmiotem niniejszego referatu jest przedstawienie instalacji zaprojektowanych przez BSPiR „ENERGOPROJEKT-KATOWICE” SA w oparciu o technologię mikrofiltracji firmy ZENON SYSTEMS wykorzystaną do celów: pozyskania wody do obiegu chłodzącego ze ścieków komunalnych (EC Katowice), podczyszczania ścieków przemysłowych (El. Łagisza), uzdatniania wody pitnej (Gmina Supraśl).

## TECHNOLOGY OF MICROFILTRATION IN WATER TREATMENT PLANT

**Summary.** This work is about microfiltration installations which were designed by BSPiR “ENERGOPROJEKT-KATOWICE” SA based on microfiltration technology by ZENON SYSTEMS. Installation are used to: communal waste water reelamation (P.P. Katowice), polishing industrial waste water (P.P. Łagisza), potable water treatment (Municipality Supraśl).

### 1. Wprowadzenie

Ciągły rozwój infrastruktury technicznej oraz wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych w przemyśle, mających na celu zwiększenie wydajności i sprawności instalacji technologicznych, powoduje wzrost kryteriów jakościowych wody technologicznej wykorzystywanej w procesach produkcyjnych. Nowe coraz bardziej wymagające przepisy ochrony środowiska oraz malejące zasoby wód, które mogłyby być źródłem zasilania dla ww. instalacji

---

<sup>1</sup> BSiRP „Energoprojekt-Katowice” SA, Pracownia Wodno-Chemiczna w Bielsku Białej, ul. Jesionowa 15, 40-159 Katowice, e-mail: epkm2.bb@petex.bielsko.pl

cji, wpływają na intensyfikację poszukiwania rozwiązań odnowy wody, pozyskania jej wprost ze ścieków.

Z uwagi na względy ekonomiczne i ekologiczne poszukiwane są rozwiązania pozyskania wody przy maksymalnym ograniczeniu zużycia niezbędnych chemikaliów oraz przy założeniu, że ilość zrzucanych do odbiorników ścieków jest minimalna.

Zastosowanie konwencjonalnych technologii, takich jak: koagulacja, sedymentacja, filtracja itp. dla wód mocno zanieczyszczonych i ścieków, nie zawsze gwarantuje stabilną jakość wody jako produktu końcowego lub półproduktu podlegającego dalszemu oczyszczaniu na przykład w oparciu o odwróconą osmozę. Coraz częstszy deficyt wody i dążenie do minimalizacji ilości ścieków powstających w procesie uzdatniania wody spowodował wzrost zainteresowania procesami membranowymi.

W stacjach przygotowania wody pojawiły się instalacje odwróconej osmozy (RO), które zapewniały bardzo dobrą jakość permeatu, jako końcowego produktu obróbki wody, jednakże pod warunkiem, że jakość wody zasilającej instalację była stabilna. Przy zmiennej jakości wody zasilającej użytkownik borykał się z problemami typu: częste czyszczenie, uszkodzenie i ostatecznie wymiana membran.

Zaczęto stosować technologie membranowe, które pozwalają ustabilizować jakość wody po etapie wstępnej obróbki. Między innymi taką technologią jest mikrofiltracja (MF).

Obecnie na rynku wiele firm oferuje technologie mikrofiltracji, między innymi firma ZENON SYSTEMS, której instalacje mikrofiltracji zostały zaprojektowane przez EPK SA dla różnych zakładów na terenie Polski.

Naznaczoną zaletą mikrofiltracji jest niewrażliwość na zmiany wody zasilającej. Dodatkowo wobec stałego zapotrzebowania wody do uzupełniania strat procesów technologicznych, przy braku pewności co do utrzymania się w przyszłości obecnych w miarę ekonomicznie uzasadnionych kosztów zakupu wody wodociągowej, celowe staje się rozważenie możliwości wykorzystania w tym celu źródeł wód odnowionych. Mowa tu o ściekach oczyszczonych z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych. Przewiduje się, że ścieki te byłyby uzdatniane do parametrów wymaganych w obiegach chłodzących, ciepłowniczych i kotłowych bloków w nowo projektowanej Stacji Uzdatniania Wody.

## **2. Instalacje do uzdatniania ścieków biologicznych dla celów przemysłowych**

Budowa nowego bloku ciepłowniczego BCF100 w EC Katowice wiązała się z zapewnieniem odpowiedniej jakości wody chłodzącej kondensator. Obecnie obieg chłodzący w EC

Katowice uzupełniany jest uzdatnionymi ściekami pochodzącymi z Oczyszczalni „Siemianowice-Centrum” i podczyszczanymi w Stacji Uzdatniania Ścieków (SUŚ) - tabela nr 1.

Wydajność ścieków poddawanych oczyszczaniu na instalacji mikrofiltracji wynosi około 300 m<sup>3</sup>/h. Pozostałe parametry kształtują się na poziomie:  $p_{\min}=0,25\text{MPa}$ ,  $t_{\min}=+7^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 1

Parametry ścieków surowych zasilających SUŚ w EC Katowice

Parametr	Jednostka miary	Wielkość
Temperatura	°C	Od 7 do 25
pH		6.8 do 7.3
Zasadowość (liczba p i m)	mval/l	m= 1.4 -2.5; p=0
Żelazo Fe ogólne	mg/l	0.2 - 0.81
Twardość całkowita	mval/l	2.9 - 3.0
Cr	mg/l	0.008 - 0.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/l	0 - 9
Ekstrakt CCl <sub>4</sub>	mg/l	10 - 24
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	13 - 18
ChzT	mg O <sub>2</sub> /l	27 - 48
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /l	7 - 11
Zawiesina ogólna (TSS)	mg/l	14 - 45
Chlorki	mg/l	54 - 136
Siarczany	mg/l	65 - 270
Amoniak	mg/l N/NH <sub>4</sub>	2.26 - 12.33
Azotany	mg/l N/NO <sub>3</sub>	3 -22.81
Azotyny	mg/l N/NO <sub>2</sub>	0.09 - 0.378
Azot ogólny	mg/l N	6.92 - 20.64
Azot organiczny	mg/l N	4.51 - 9.82
Substancje rozpuszczone (TDS)	mg/l	360 - 601
Detergenty	mg/l	0.18 - 1,2

## 2.1. Mikrofiltracja firmy ZENON SYSTEMS

Istotą procesu mikrofiltracji na instalacji firmy ZENON jest filtrowanie wody z zewnątrz do wewnątrz kapilarnych modułów membranowych zanurzonych całkowicie w wodzie filtrowanej. Wielkość porów membran ZW waha się w granicach od 0,085 do 0,200 μm. Gwarantuje to całkowite usunięcie z wody filtrowanej cząstek zawieszonych o wymiarze 0,200 μm, w tym również pasożytów Giardia i Cryptosporidium i ich form przetrwalnikowych.

Membrany ZW pracują na niskim podciśnieniu, które w wewnętrznych przestrzeniach włókien wytwarza pompa procesowa. Woda filtrowana przepływa przez ściany włókien do

ich wnętrza, a następnie zasysana jest przez pompę procesową do zbiornika wody przefiltrowanej. Do modułu membranowego wprowadzone jest powietrze, którego pęcherzyki unoszą się wzdłuż włókien wytwarzając turbulencje i oczyszczając w sposób ciągły powierzchnię membran, co ułatwia pracę przy dużym obciążeniu powierzchni filtracyjnej. Przepływ powietrza ma także pozytywny efekt uboczny, powodując utlenianie  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  i niektórych składników organicznych, co dodatkowo podnosi jakość permeatu.

ZW jest więc procesem jednostopniowym, który w prosty sposób pozwala na łatwe i precyzyjne sterowanie i automatyzację. Fakt swobodnego zanurzenia membran w filtrowanym medium w warunkach przepływu burzliwego wywołanego napowietrzaniem sprawia, że nawet przy bardzo wysokich zawartościach zawiesin, także inkrustrujących lub trudno opadających, membrany nie ulegają nieodwracalnemu zanieczyszczeniu. Membrany ZW mają wysoką odporność na wolny chlor i inne czynniki utleniające, co umożliwia nawet bardzo głębokie chlorowanie wody filtrowanej.

## 2.2. Opis procesu doczyszczania ścieków komunalnych na przykładzie SUŚ w EC Katowice

Oczyszczone ścieki doprowadzane są do urządzeń ciągłej MF rurociągiem z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków „Siemianowice Centrum”, usytuowanej w pobliżu EC Katowice. Ścieki surowe pompowane są do trzech zespołów ZeeWeed. Automatycznie oczyszczany filtr wstępny o średnicy szczeliny 1000  $\mu\text{m}$  usuwa z wody surowej większe zanieczyszczenia.

Przewidziano dwa układy zasilania SUŚ:

- I układ - ścieki surowe po przejściu przez filtr 1000  $\mu\text{m}$  kierowane są bezpośrednio do zbiorników procesowych ZW,
- II układ - ścieki surowe po przejściu przez filtr wstępny 1000  $\mu\text{m}$  kierowane są do zbiornika pośredniego  $V=2000 \text{ m}^3$ , z którego następnie grawitacyjnie kierowane są do zbiorników procesowych ZW (układ podstawowy zasilania SUŚ).

Specyfiką technologii MF firmy Zenon jest dostarczanie sprężonego powietrza wprost do układu membran. Unoszące się ku powierzchni lustra ścieków pęcherze powietrza wprawiają w ruch pojedyncze włókna membran powodując mechaniczne czyszczenie ich powierzchni z zawiesiny i oblepiających ją kłaczków, dzięki czemu zachowana jest stała wydajność filtracji.

Pompy procesowe zasysają wodę ze zbiorników betonowych i poprzez zanurzone w nich membrany tłoczą ją do wspólnego zbiornika wody oczyszczonej o objętości 250  $\text{m}^3$ . Przepływ wody zasilającej ZeeWeed jest tak ustalony, że w przypadku produkcji filtratu w wysokości 84  $\text{m}^3/\text{h}$ , 14  $\text{m}^3/\text{h}$  wody ze zbiornika roboczego ZeeWeed zrzucane jest przelewem do

kanalizacji za pomocą pomp przelewowych. Jest to niezbędne dla obniżenia kumulacji i obniżenia zawartości zawieszin znajdujących się w zbiornikach ZeeWeed. Każdy zbiornik procesowy ZeeWeed posiada pompę łamania piany. Podstawowym zadaniem tej pompy jest ciągła recyrkulacja w zbiorniku procesowym i niedopuszczenie do tworzenia się piany.

Membrany muszą być okresowo płukane filtратem ZeeWeed lub roztworem zawierającym 5 mg/l podchlorynu sodowego w kierunku przeciwnym do normalnego procesu filtracji (od wewnątrz na zewnątrz membran). Częstotliwość tego cyklu, zwanego impulsowym płukaniem zwrotnym (Back Pulse), uzależniona jest od składu zawieszin i zanieczyszczeń biologicznych w wodzie surowej. Impulsowe płukanie zwrotne projektowane jest jako 15-30-sekundowa czynność po każdych 10 - 30 minutach filtracji.

Innym sposobem czyszczenia membran jest mycie przepływem zwrotnym (Backwash). Jest to również proces przepływowy o kierunku odwrotnym do kierunku filtracji, polegający na przepuszczeniu przez membrany roztworu o wysokiej zawartości  $\text{Cl}_2$ . Stężenie roztworu zależy od składu substancji zawieszonych i zanieczyszczeń biologicznych w wodzie surowej. Podczas cykli płukania i mycia pompa procesowa ZeeWeed tłoczy roztwór przez membrany, pobierając potrzebną ilość roztworu czyszczącego lub filtratu z odpowiednich zbiorników.

Cykl mycia (Backwash) przeprowadza się zazwyczaj raz na miesiąc lub raz na kwartał, w zależności od jakości wody surowej. W przypadkach gdy woda surowa zawiera taką ilość zanieczyszczeń, że maksymalna zawartość 300 mg/l podchlorynu sodowego w roztworze czyszczącym jest niewystarczająca do oczyszczenia membran, konieczne jest ich oczyszczenie w cyklu mycia r-rem chemikaliów produkcji firmy Zenon, takich jak MC-3 lub RMF.

Jednostki ZeeWeed posiadają również instalację do sprawdzania i rewitalizacji membran, która służy do okresowego sprawdzania kaset z membranami. W normalnych warunkach eksploatacji każda kasetka musi być sprawdzana i rewitalizowana raz w roku.

### **3. Instalacje oczyszczania ścieków przemysłowych na przykładzie SUŚP w Elektrowni Łagisza**

Nowo projektowana oczyszczalnia ścieków przemysłowych w El. Łagisza SA zasilana będzie ściekami technologicznymi z różnych źródeł na terenie elektrowni. Do instalacji mikrofiltracji ZeeWeed trafiać będą ścieki poddane wcześniej procesom wstępnego oczyszczania na separatorach oleju oraz wstępnej sedymentacji i koagulacji prowadzonych w zbiornikach przynależnych do pierwszego węzła technologicznego. Ścieki przed skierowaniem na membrany zostaną poddane korekcji odczynu pH. Charakterystykę ścieków zasilających instalację MF przedstawiono w tabeli 2.

Główny ciąg technologiczny projektowanej oczyszczalni ścieków przemysłowych można podzielić na trzy węzły technologiczne, z których każdy stanowi odrębny etap oczyszczania ścieków:

- instalacja wstępnej obróbki ścieków surowych składająca się z instalacji pompowni ścieków surowych i separacji oleju oraz instalacji koagulacji i sedymentacji,
- instalacja filtracji osadów ściekowych,
- instalacja mikrofiltracji ścieków wraz z dodatkowymi instalacjami pomocniczymi, tj. instalacja sprężonego powietrza (wysokiego ciśnienia) – dla celów sterowania i automatyki, instalacja sprężonego powietrza technologicznego (niskiego ciśnienia) – dla celów napowietrzania zbiorników procesowych instalacji MF ZeeWeed, instalacja dozowania chemikaliów (NaOCl-kondycjonowanie ścieków, MCl-czyszczenie membran ZeeWeed, RMF – czyszczenie membran ZeeWeed), instalacja wody wodociągowej dla celów rozruchu instalacji mikrofiltracji oraz mycia membran.

Tabela 2

Jakość ścieków wstępnie oczyszczonych – zasilających instalację mikrofiltracji

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
PH	-	7÷8,5
Ekstrakt eterowy	mg/dm <sup>3</sup>	0÷30
Zawiesina	mg/dm <sup>3</sup>	30÷100
Twardość ogólna	mval/dm <sup>3</sup>	5÷8
Twardość wapniowa	mval/dm <sup>3</sup>	5÷10
Krzemionka	mg/dm <sup>3</sup>	50÷100
Chlorki	mg/dm <sup>3</sup>	50÷200
Siarczany	mg/dm <sup>3</sup>	200÷500
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	0,5÷2
Przewodność elektrolityczna	μS/cm	1500
Temperatura	°C	4÷25

Proces technologiczny oczyszczania ścieków przemysłowych jest bardzo zbliżony do instalacji stacji uzdatniania ścieków w EC Katowice opisanej powyżej. Różnice polegają na zastosowaniu innego typu membran (ZW500C), rozwiązań w obrębie pomp procesowych oraz instalacji płukania wstecznego membran. W przedmiotowej instalacji zainstalowano pompy zębate, które charakteryzują się możliwością pracy w dwóch kierunkach, a dobór kierunku pracy jest kierowany poprzez falownik. Umożliwia to uproszczenie całego układu płukania i mycia wstecznego – brak dodatkowych bypassów i armatury odcinającej. Ponadto do celów płukania wstecznego przewidziano użycie pojedynczego zbiornika Back Pulse zamiast

trzech, jak to miało miejsce w instalacji w EC Katowice. Pozostała praca układu mikrofiltracji jest analogiczna jak w przypadku instalacji SUŚ w Katowicach.

#### 4. Instalacja uzdatniania wody pitnej na przykładzie stacji w Gminie Supraśl

Zastosowanie technologii membranowych do uzdatniania wody dla celów pitnych pozwala na maksymalne uproszczenie instalacji. Oznacza to pominięcie poszczególnych stopni oczyszczania wody, tj.: filtracji na filtrach odżelaziających czy filtracji na filtrach węglowych i zastąpienie ich jedną kompaktową instalacją mikrofiltracji, która charakteryzuje się:

- ograniczeniem zużycia chemikaliów (w niektórych wypadkach całkowicie je eliminuje),
- eliminacją z wody pitnej bakterii, glonów oraz częściowo wirusów,
- eliminacją możliwości przedostania się do sieci wody pitnej bardzo szkodliwych i odpornych na działanie  $\text{Cl}_2$ , pierwotniaków tj.: *Giardia intestinalis*, *Cryptosporidium parvum*,
- eliminacją zawartości żelaza ogólnego oraz manganu z wody głębinowej do poziomu poniżej wymaganego w rozporządzeniu ministra zdrowia i opieki społecznej z dnia 04.09.2000 r. dla wody do picia..., tzn.  $\text{Fe} = 0,2 \text{ mg/l}$  i  $\text{Mn} = 0,05 \text{ mg/l}$ ,
- możliwością uzdatniania wody o zawartości zawiesin do  $100 \text{ mg/l}$ ,
- ograniczeniem dawki wolnego chloru gazowego w procesie końcowego dezynfekowania z uwagi na wyeliminowanie z wody patogenów, bakterii, glonów, a tym samym redukcją niebezpieczeństwa powstawania trihalometanów.

Projektowana instalacja uzdatniania wody dla celów pitnych w Gminie Supraśl zasilana będzie wodą głębinową z dwóch studni. Następnie przepływać będzie przez samo oczyszczający się filtr wstępny  $250 \mu\text{m}$ , którego zadaniem jest usunięcie grubszych zanieczyszczeń mechanicznych. Do wody po wstępnej filtracji dawkowany będzie nadmanganian potasu. Prześfiltrowana woda będzie kierowana do zbiornika procesowego, gdzie będzie uzdatniana na membranach ZeeWeed. Pompa procesowa pompuje wodę wstępnie przefiltrowaną poprzez membrany i dostarcza ją do zbiornika wody pitnej. Wydajność nominalna instalacji wyniesie  $1200 \text{ m}^3/\text{dobę}$ .

## 5. Podsumowanie

ENERGOPROJEKT-KATOWICE SA w swoich projektach oprócz klasycznych technologii uzdatniania wody oferuje również modernizacje z wykorzystaniem najnowocześniejszych technologii membranowych:

- instalacji uzdatniania wody dla celów przemysłowych;
- instalacje uzdatniania ścieków przemysłowych;
- instalacji uzdatniania wody pitnej.

Zaprezentowane w niniejszym opracowaniu nowe technologie umożliwiają projektowanie instalacji oczyszczania wody, które w stosunku do tradycyjnych pozwalają:

- ograniczyć powierzchnię zabudowy o ok. 30-50%;
- ograniczyć ilość ścieków o ok. 30-40%;
- ograniczyć ładunek w ściekach o ok. 30-80%.

## Literatura

1. Wawrzyńczyk J.: „Nowe technologie preparowania wody dla potrzeb energetyki” - Biuletyn informacyjny BSPiR "ENERGOPROJEKT-KATOWICE" SA 09-1999.
2. Nawrocki J., Biłozor S.: Uzdatnianie wody. Procesy chemiczne i biologiczne. 2000.

## Abstract

Membrane technology development allows to wide range use techniques of filtration aimed to waste water treatment and potable water production. An example of such applications are installations projected by BSPiR "ENERGOPROJEKT-KATOWICE" SA based on ZENON SYSTEMS microfiltrations technology. The technology is based on water filtration from the outside to inside capillary modules which are dipped completely in the water. Compressed air is carried to process tank under membrane thanks to there are being moved and self-cleaned. ZeeWeed is one step process which allows fully controlled, automatic process. Construction of microfiltration modules compared to traditional installation of water treatment requires: smaller area and amount of chemical load. ZENON SYSTEMS technology is used to: communal waste water treatment for cooling circuit in Katowice Power Plant;  $Q_{nom}=200\text{ m}^3/\text{h}$ , industrial waste water polishing in Lagisza Power Plant;  $Q_{nom}=186\text{ m}^3/\text{h}$ , well water treatment for potable water system in Municipality Suprasl;  $Q_{nom}=90\text{ m}^3/\text{h}$ .