

Andrzej POTRZEBKA¹, Jerzy WAWRZYŃCZYK¹

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII MIKROFILTRACJI ZeeWeed[®] DO UZDATNIANIA ZANIECZYSZCZONYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH DLA PRODUKCJI WODY PITNEJ

Streszczenie. Możliwość wykorzystania wód powierzchniowych jako źródło wody pitnej z uwagi na ograniczone zasoby wody w Polsce jest bardzo ważna. Wody powierzchniowe charakteryzują się dużą zmiennością w ciągu roku. Uzyskanie powtarzalnej jakości wody pitnej wymaga w przypadku metod tradycyjnych zastosowania skomplikowanych układów technologicznych. Zastosowanie technologii ZeeWeed[®] pozwala uprościć układ technologiczny oraz ustabilizować jakość wody pitnej.

THE APPLICATION OF ZeeWeed[®] MICROFILTRATION FOR THE CONTAMINATED SURFACE WATER TREATMENT FOR POTABLE WATER PRODUCTION

Summary. The possibility of using the surface waters as a potable water source is very important, due to the decreasing water resources in Poland. The surface water parameters are highly unstable throughout the year. Achieving the stable potable water quality by means of traditional technologies requires the application of complicated technological systems. The use of the ZeeWeed[®] technology allows for simplifying the technological flowsheet and stabilising the potable water quality.



1. Wstęp

Pustowłóknowe podciśnieniowe membrany ZeeWeed[®] wyznaczają nową jakość w technologii uzdatniania wód powierzchniowych dla produkcji wody pitnej.

¹ Zenon Systems Sp. z o.o., ul. Metalowa 3, 43-100 Tychy,
e-mail: office@zenonsystems.pl

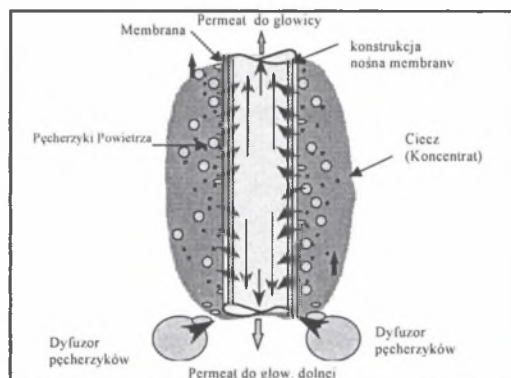
Wiele lat doświadczeń pozwoliło na opracowanie takiej membrany, która dzięki swojej wysokiej wytrzymałości mechanicznej i odporności chemicznej diametralnie różni się od membran ciśnieniowych.

Membrany ZeeWeed[®] pracują zanurzone w otwartych naczyniach. Uzdadtionia woda otrzymywana jest w wyniku krzyżowego przepływu przez membranę od zewnątrz do wewnątrz, a siłą napędową stanowi pompa niskociśnieniowa, której podciśnienie po stronie ssania wynosi 20-50 kPa. Umożliwia ona odsysanie filtratu (wody pitnej) poprzez membrany i pozostawienie zanieczyszczeń w zbiorniku procesowym.

Membrany ZeeWeed[®] mają pory o wielkościach:

- nominalnych 0,035 μm ,
- absolutnych 0,1 μm .

Zasadę pracy membran ZeeWeed[®] przedstawia rys. 1.



Rys.1. Zasada pracy membrany podciśnieniowej ZeeWeed[®]
Fig. 1. ZeeWeed[®] membrane fibre schematic

Tego typu membrany bardzo dobrze nadają się do uzdatniania wód powierzchniowych na potrzeby produkcji wody pitnej [1].

2. Membrany mikrofiltracyjne ZeeWeed[®]

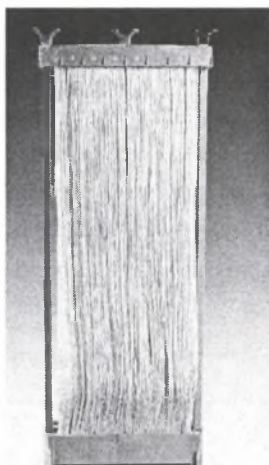
Membrany ZeeWeed[®] umożliwiają uzdatnianie wód o różnym stopniu zanieczyszczeń.

Niezależnie od poziomu wahań stopnia zanieczyszczeń w wodzie surowej, parametry wody oczyszczonej są stabilne na poziomie:

- mętność poniżej 1,0 NTU,
- żelazo poniżej 0,1 mg/l.

Dodatkowo wspomagając mikrofiltrację koagulantem można obniżyć utlenialność, barwę oraz prekursorsy THM do poziomu dopuszczalnego dla wody pitnej [4].

Rysunek 2 przedstawia membranę serii ZW-500



Rys. 2. Membrana ZW-500
Fig. 2. ZW-500 membrane

Moduły zabudowane w kasetę w zależności od ich ilości stanowią powtarzalne ciągi technologiczne, których wielkość zależna jest od wymaganej wydajności oraz stopnia zanieczyszczenia wody surowej. Charakterystykę poszczególnych modułów membranowych i kaset przedstawia tabela 1.

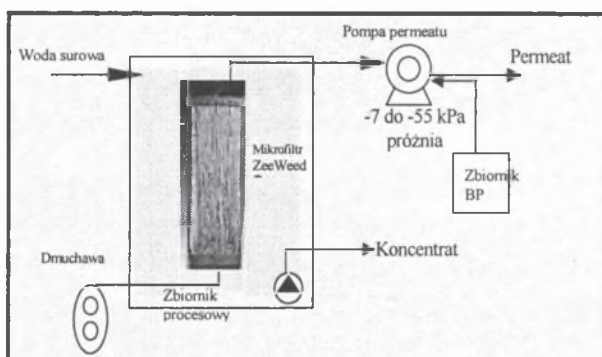
Tabela 1

Moduły membranowe i kasety typu ZeeWeed®

	ZW-500a	ZW-500b	ZW-500 c	ZW-1000
	Moduły			
Wymiary modułu (cm)	wysokość: 198 szerokość: 73 grubość: 20	wysokość: 198 szerokość: 73 grubość: 20	wysokość: 198 szerokość: 73 grubość: 10	wysokość: 69 szerokość: 69 grubość: 10
Powierzchnia filtracji (m ²)	46	60	20	32
	Kasety			
Ilość modułów w kasecie	8	8	26	24
Wymiary kasety (cm)	wysokość: 198 szerokość: 190 grubość: 73	wysokość: 198 szerokość: 183 grubość: 73	wysokość: 198 szerokość: 183 grubość: 73	wysokość: 259 szerokość: 98 grubość: 80
Powierzchnia filtracji (m ²)	368	480	520	800

Proces oczyszczania wody w technologii ZeeWeed[®] przebiega następująco:

Do zbiornika procesowego, w którym znajdują się kasety membranowe, podaje się wodę surową. Membrany ZeeWeed[®] pracują na niskim podciśnieniu, które w wewnętrznych przestrzeniach włókien wytwarza pompa filtratu. Woda filtrowana przepływa przez ściany włókien do ich wnętrza, a następnie zasysana jest przez pompę filtratu do zbiornika wody przefiltrowanej. W trakcie filtracji usuwane są z wody wszelkiego rodzaju mikrozwiesiny i koloidy o masie cząsteczkowej powyżej 30 000. W dolnej części modułu membranowego wprowadzane jest powietrze, którego pęcherzyki unoszą się wzdłuż włókien, wytwarzając turbulencje i czyszcząc w sposób ciągły powierzchnię membran, co ułatwia pracę przy dużym obciążeniu powierzchni filtracyjnej. Aby utrzymać drożność porów w membranach ZeeWeed[®] prowadzi się proces płukania wstecznego. Do tego celu wykorzystuje się wodę przefiltrowaną z roztworem NaOCl zmagazynowaną w zbiorniku płukania wstecznego (BP). Schemat procesu przedstawia rys.3.



Rys. 3. Schemat procesu uzdatniania wody w technologii ZeeWeed[®]
 Fig. 3. Operational concept of the ZeeWeed[®] membrane filtration

Zanurzeniowe, pustowłóknowe membrany ZeeWeed[®] mają następujące zalety:

Odporność na wysoką zawartość zawiesin

W trakcie pracy membran z przepływem z zewnątrz do wewnątrz tylko czysta woda znajduje się wewnątrz membran. Zatem wszystkie zanieczyszczenia typu: zawiesiny, algi, cysty pozostają na zewnątrz membran. Zastosowanie systemu płukania membran z wewnątrz do zewnątrz umożliwia utrzymanie membran ZeeWeed[®] w należytych stanie technicznym przez wiele lat. Ponieważ membrany ZeeWeed[®] są odporne na wysokie zawartości zawiesin (20g/l), dobrą jakość wody pitnej można uzyskiwać niezależnie od chwilowych wzrostów zawartości zawiesin w wodzie surowej.

Integralne napowietrzanie

Wprowadzenie powietrza do procesu filtracji w technologii ZeeWeed® pozwala poprawić efekt uzdatniania wody. Dzięki napowietrzaniu uzyskujemy zmianę wartościowości niektórych metali, co powoduje zmniejszenie ich rozpuszczalności a w konsekwencji usuwanie z wody.

Niskie zapotrzebowanie na energię elektryczną

W procesie ZeeWeed® zużycie energii elektrycznej wynika z zastosowania:

- niskiego podciśnienia (od -20 do -50 KPa),
- niskiego ciśnienia powietrza z dmuchaw (ok. 500 KPa),
- możliwości zasilania instalacji bezpośrednio ze źródła wody (rzeki, jeziora itp.),
- wyeliminowania dodatkowych pomp do płukania membran.

Odporność na chlorowanie

Membrany ZeeWeed® są odporne na działanie chloru i innych środków utleniających do stężenia max. 2000 mg Cl/l. Odporność membran na chlorowanie i inne środki utleniające pozwala na stosowanie tanich i skutecznych środków chemicznych w procesie czyszczenia oraz łatwą dezynfekcję membran i całej instalacji.

3. Uzdatnianie wody do celów pitnych

Wody powierzchniowe charakteryzują się dużą zmiennością składu w zależności od pór roku. W przypadku stosowania klasycznej technologii uzdatniania należy stosować rozbudowane układy. Wymaga to wyposażenia instalacji w skomplikowane układy pomiarowe, które umożliwiają ciągłą analizę parametrów wody surowej celem zapewnienia wymaganych parametrów jakościowych wody pitnej poprzez zmianę dawek chemikaliów oraz czasu kontaktu. Między innymi dlatego instalacje tego typu wymagają dużych powierzchni pod zabudowę.

Wprowadzenie technologii ZeeWeed® pozwoliło na uproszczenie układu technologicznego, a tym samym na zredukowanie powierzchni niezbędnej pod zabudowę instalacji uzdatniania wody pitnej. Konstrukcja membran ZeeWeed® umożliwia także wykorzystanie istniejących filtrów otwartych celem ich adaptacji jako elementów instalacji uzdatniania wody pitnej. Przykładem bardzo rozbudowanej technologii uzdatniania wody jest instalacja w Choisy-le-Roi, Francja. Instalacja składa się z: wstępnego ozonowania, koagulacji z dozowaniem pylistego węgla aktywnego, osadnika, filtra piaskowego, ozonowania, filtra węglowego oraz końcowej dezynfekcji. [2] Przeprowadzone badania pilotowe w Granville, Francja z zastosowaniem technologii ZeeWeed® potwierdziły możliwość uproszczenia układu technologicznego przy uzyskaniu stopnia oczyszczania analogicznego do występującego w Choisy-le-Roi

(przy zbliżonej jakości wody surowej) [2]. Instalacja pilotowa obejmowała: dozowanie koagulanta i sproszkowanego węgla aktywnego bezpośrednio do rurociągu wody surowej przed komorą, w której były zabudowane membrany ZeeWeed®. Stosowana była końcowa dezynfekcja jak w instalacji Choisy-le-Roi [2].

Tabela 2 przedstawia możliwości redukcji zanieczyszczeń w wodzie za pomocą technologii ZeeWeed® [3]

Tabela 2

Redukcja zanieczyszczeń za pomocą technologii ZeeWeed®

Woda surowa	Woda uzdatniona
<i>Giardia</i> i <i>Cryptosporidium</i>	Niewykrywalne
Barwa	50% do 90% *
CWO	45% do 80% *
Zawiesina	poniżej 0,5 mg/l
Mętność	poniżej 1,0 NTU

* wartości osiągnięte przy zastosowaniu koagulantów

W ramach jednych z badań pilotowych technologii membranowej ZeeWeed® w Polsce przeprowadzono 3-miesięczne badania w SUW w Kozłowej Górze. W trakcie badań pilotowych do wody surowej wstępnie ozonowanej był dozowany koagulant chlorek poliglinowy (PAC). W jednostce pilotowej były używane dwie membrany ZeeWeed® 230 [4]. Uzyskane wyniki przedstawia tabela 3.

W trakcie badań pilotowych straty wody na cele płukania wynosiły 5-7%, natomiast w tym samym czasie w instalacji pracującej zgodnie z technologią klasyczną (koagulacja, filtracja na filtrach otwartych) potrzeby własne wynosiły 20-25%.

Tabela 3

Wyniki badań pilotowych na wodzie powierzchniowej (Kozłowa Góra)

Oznaczenie	Jednostka	Woda surowa	Woda uzdatniona (wymagania normy)	Uwagi
Mętność	mg SiO ₂ /l	6,2 – 14,1	0,2 – 0,5 (1)	spełnione
Barwa	mg Pt/l	16 – 40	4 – 5 (15)	spełnione
Utlenialność	mg O ₂ /l	7,9 – 12,2	4,6 – 5,0 (5,0)	spełnione
pH		7,08 – 8,38	7,18 – 8,40 (6,5 – 8,5)	spełnione
Amoniak	mg NH ₄ /l	0,352 – 0,93	0,244 – 0,375 (5)	spełnione
Glin	mg Al/l	-	do 0,2 (0,2)	spełnione
THM	µg/l	-	do 9 (100)	spełnione
Chloroform	µg/l	-	do 8 (30)	spełnione
Flux	l/m ² x h		20 – 25	

Uwaga: Woda surowa wstępnie była ozonowana dawką O₃ = 2,5 – 3,0 g/m³ i koagulowana dawką 100% PAC = 28 g/m³.

4. Podsumowanie

Zastosowanie technologii ZeeWeed® umożliwia osiągnięcie wymaganych parametrów wody pitnej w jednostopniowej obróbce wody powierzchniowej oraz:

- usunięcie cyst typu *Giardia* i *Cryptosporidium*,
- usunięcie bakterii i redukcję zawartości wirusów,
- ograniczenie zużycia chemikaliów do końcowej dezynfekcji,
- zmniejszenie ilości ścieków powstających w procesie uzdatniania wody,
- zmniejszenie kosztów obsługi poprzez całkowitą automatyzację procesu,
- ograniczenie kosztów budowy instalacji wody pitnej poprzez ograniczenie powierzchni zabudowy.

Ponad 10 lat doświadczeń nad stosowaniem technologii ZeeWeed® do uzdatniania wody dla celów pitnych doprowadziło do budowy nowych i rozbudowy już istniejących coraz to większych obiektów. W chwili obecnej budowane są instalacje nawet o wydajności 100 000 m³/d [4].

Literatura

1. Best G., Mourato D., Singh M., Firman M., Basu S.: Application of immersed ultrafiltration membranes for color and TOC removal. Presentation at the AWWA Conference, Chicago, June 22, 1999.
2. Lebeau T., Lelievre C., Buisson H., L Vande Venter.W., Cote P.: Application of immersed membrane microfiltration for NOM removal. Presented at AWWA Annual Conference & Exhibition, Dallas, Texas, June 21-25 1998.
3. Mourato D., Best G.: Application of immersed microfiltration membranes for drinking water treatment. Presentation at the Florida State AWWA Conference, November 1998.
4. Wawrzyńczyk J., Zsirai I.: New generation of MF in water and wastewater treatment. Presented at EMS XVIII Summer Membrane School 2001, Łądek Zdrój, Poland, September 9-14, 2001.

Abstract

The application of the hollow immersible ZeeWeed[®] membranes for surface water treatment allows for stabilising the potable water quality. Fig. 1 presents the ZeeWeed[®] fibre schematic.

The treated water parameters are stable within the following limits:

Turbidity: below 0,1 NTU,

Iron: below 0,1 mg/l

Fig. 2 shows a typical ZeeWeed[®] membrane.

Table 1 lists the membranes and cassettes used in the ZeeWeed[®] technology.

The water treatment process by means of the ZeeWeed[®] technology is as follows:

The process tank with the membrane cassettes is fed with raw water. The water, sucked from the tank by the process pump through the membranes, is being cleaned from the impurities of the molecular weight above 30000. The operational concept of the ZeeWeed[®] membrane filtration is shown in Fig. 3.

The application of the ZeeWeed[®] membranes allows for simplifying the water treatment technological flow-sheet.

Table 2 illustrates the possibility of the impurities content reduction by means of the ZeeWeed[®] technology. The pilot tests carried out at the DWTP Kozłowa Góra have fully confirmed the possibility of using the ZeeWeed[®] technology for the surface water treatment for drinking purposes. Table 3 summarises the pilot tests results.

The application of the ZeeWeed® technology allows for achieving the required potable water parameters in a single- step process as well as:

- removal of the *Giardia* and *Cryptosporidium* cysts,
- removal of bacteria and reduction of the viruses number,
- reduction of chemicals, used for final disinfecting,
- reduction of the volume of wastewater, produced during the water treatment process,
- reduction of the operation costs by the process automation,
- reduction of the investment costs by reducing the area, needed for construction.

Over 10 years' experience in the ZeeWeed® application for drinking water treatment have resulted in the construction of new and expansion of the existing plants of increasing capacities. At present, plants of the capacities of even 100 000 m³/d are being constructed.