

Jan MARJANOWSKI¹, Jarosław OSTROWSKI¹, Andrzej KUKIELKO¹

PORÓWNANIE KOSZTÓW WYPRODUKOWANIA 1 m³ WODY NA CELE CIEPŁOWNICZE METODĄ ODWRÓCONEJ OSMOZY I METODAMI JONITOWYMI

Streszczenie. Nowoczesne systemy ciepłownicze wymagają jako nośnika ciepła wody o wysokiej jakości, tj. zdemineralizowanej i skorygowanej antykorozyjnie. Koszt przygotowania 1 m³ wody do zasilania sieci ciepłej wpływa istotnie na wybór technologii uzdatniania wody. Autorzy niniejszej pracy wykonali obliczenia kosztów wyprodukowania 1 m³ wody metodami jonitowymi (zmiękczenie oraz dekarbonizacja i zmiękczenie) oraz metodą membranową (RO).

A COMPARISON BETWEEN THE PRODUCTION COSTS OF 1 m³ OF HEATING WATER BY MEANS OF REVERSE OSMOSIS METHOD AND ION EXCHANGE METHODS

Summary. Modern heating systems are demanding a high quality of water as a energy carrier that should be demineralized and anticorrosive. The production cost of water strongly determines the choice of water treatment technology. Authors in this paper have made calculations of production of 1 m³ of water using ion exchange methods (softening technique, and dealkalization and softening technique), and membrane method (Reverse Osmosis).

1. Wstęp

Nowoczesne systemy ciepłownicze z rurami preizolowanymi sterowane za pomocą rozbudowanej automatyki wymagają odpowiedniej jakości wody sieciowej, będącej nośnikiem cie-

¹ Centrum Badawczo-Wdrożeniowe „UNITEX” Sp. z o.o., ul. Lęborska 9, 80-386 Gdańsk, e-mail: unitex@unitex.com.pl

pła. Urządzenia energetyczne pracujące w reżimie charakteryzującym się wysokimi współczynnikami sprawnościowymi wymagają wysokiej jakości wody sieciowej i uzupełniającej.

Problem jakości wody w systemach ciepłowniczych jest ciągle niedoceniany. Wysokie koszty modernizacji systemów uzdatniania wody oraz brak natychmiastowych efektów ich wdrożenia powodują odsuwanie ich realizacji w czasie. Przeciwnie się ma rzecz w przypadku, kiedy porównywalnie wysokie nakłady inwestycyjne ponoszone, np. na automatyzację węzłów cieplnych przynoszących natychmiastowe wysokie efekty ekonomiczne w postaci różnych oszczędności na ciepłe i robociznie, są realizowane w pierwszej kolejności. W konsekwencji, uzupełnianie obiegów ciepłowniczych niewłaściwie przygotowaną wodą powoduje, że po okresie dwóch lat od modernizacji następuje gwałtowny wzrost nie planowanych wcześniej kosztów związanych z remontami urządzeń, pracami związanymi z chemicznym oczyszczaniem urządzeń oraz montażem dodatkowych filtrów. Dla zarządów przedsiębiorstw ciepłowniczych bardzo istotnym elementem jest niski koszt wyprodukowania 1 m³ wody zasilającej sieci ciepłownicze. Stąd też cena wyprodukowania 1 m³ często jest stawiana na pierwszym miejscu przed jej jakością.

W Polsce wymagania wody obiegowej i wody uzupełniającej obiegi ciepłownicze ujęte są w polskiej normie PN-85/C-04601. Norma ujednocila jakość wody we wszystkich obiegach grzewczych. Dla spełnienia warunków, jakie stawia ww. norma dla układów o zapotrzebowaniu na cele uzupełnienia zładu ponad 5 m³/h, woda powinna być dekarbonizowana do zasadowości poniżej 0,5 mval/dm³. Praktycznie osiągnięcie tego parametru umożliwiają następujące metody: dekarbonizacja na słabo kwaśnym kationicie regenerowanym kwasem solnym lub demineralizacja z wykorzystaniem instalacji odwróconej osmozy, jak również nanofiltracji.

2. Sposoby przygotowania wody na cele uzupełniania obiegów sieci ciepłowniczej

W zależności od przyjętego przez projektantów i dopuszczonego przez przedsiębiorstwo ciepłownicze sposobu uzdatniania wody uzupełniającej obieg sieci ciepłowniczej, wyróżnia się następujące sposoby jej przygotowania w instalacjach technicznych:

- zmiękczenie w wymiennikach sodowych,
- zmiękczenie wody w instalacji nanofiltracji,
- dekarbonizacja w wymienniku wodorowym i zmiękczenie w wymienniku sodowym,
- demineralizacja wody w instalacji z wymiennikami jonitowymi,
- demineralizacja wody w instalacji z odwróconą osmozą.

We wszystkich tych sposobach uzdatniania woda przed właściwą instalacją powinna być wstępnie odżelaziona i odmanganiona. Natomiast woda po instalacji uzdatniającej przed podaniem jej na cele uzupełnienia wody kotłowej lub sieciowej powinna być:

- odtleniona termicznie lub próżniowo,
- skorygowana chemicznie ze względu na:
 - wymagane pH wody,
 - zapobieżenie wtórnemu natlenieniu poprzez dodatek nadmiaru reduktora,
 - inhibicję antykorozyjną i antyosadową.

2.1. Zmiękczenie jonitowe wody

Zmiękczenie wody, polegające na usuwaniu jej twardości spowodowanej zawartością związków wapnia oraz magnezu, realizowane jest w wymienniku jonitowym, z zastosowaniem kationitu silnie kwaśnego w formie sodowej. Do regeneracji używa się 8÷10% roztworu chlorku sodowego. Proces wymiany jonowej przebiega prawie stechiometrycznie. Regeneracja zablokowanego przez jony wapnia i magnezu kationitu nie zachodzi stechiometrycznie, wymaga 2÷3-krotnego nadmiaru regeneranta. Woda na obsługę własną wymienników jonitowych zużywana jest na:

- spulchnianie złoża przed regeneracją,
- płukanie jonitu po regeneracji, aż do ustalenia się twardości resztkowej wody zmiękczonej,
- przygotowanie solanki o stężeniu 8÷10% NaCl.

W czasie procesu regeneracji powstają ścieki – głównie roztwory CaCl₂ i MgCl₂, których sposób utylizacji reguluje rozporządzenie RM z dnia 19.05.1999 r. w sprawie warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych stanowiących mienie komunalne (Dz. U. nr 50/99, poz. 501).

2.2. Jonitowa dekarbonizacja wody połączona z jonitowym zmiękczeniem

Jonitowa dekarbonizacja wody połączona jest zwykle ze zmiękczeniem i może być przeprowadzona na wiele sposobów. Na potrzeby ciepłownictwa stosowany jest sposób polegający na szeregowym wymianie wodorowo-sodowej, co opisuje następujący schemat:

I etap

Polega na przepuszczaniu odżelazionej wody przez kationit słabokwaśny w formie H⁺. Jonit jest regenerowany kwasem solnym ze stechiometrycznym nadmiarem ok. 150% kwasu

w stosunku do zatrzymanych jonów. Na kationicie zatrzymaniu ulegają związki wapnia i magnezu pochodzące z twardości węglanowej.

II etap

Polega na przepuszczeniu wody przez desorber celem wyparcia powietrzem agresywnego dwutlenku węgla powstającego z rozpadu kwasu węglowego, jaki się wytworzył w procesie wymiany jonowej na słabokwaśnym kationicie w I etapie.

III etap

Polega na skierowaniu zdekarbonizowanej wody do kolumny z silnie kwaśnym kationitem w formie sodowej i zatrzymaniu kationów wapnia i magnezu tworzących twardość niewęglanową.

W wyniku procesu opisanego powyżej uzyskuje się wodę o zmniejszonym przewodnictwie. Metodą tą uzyskuje się odmineralizowanie wód polskich w stopniu ok. 50%, co stanowi dużą zaletę tego systemu w stosunku do zmiękczenia.

Do wad tego systemu zalicza się:

- konieczność posługiwania się agresywnym kwasem solnym,
- konieczność neutralizacji kwaśnych ścieków po I etapie,
- stosunkowo dużą powierzchnią zajmowaną przez urządzenia stacji uzdatniania wody.

Metoda ta nie jest dużo tańsza od metody odwróconej osmozy i w przypadku małych instalacji przemawia za stosowaniem tej ostatniej.

2.3. Technologie membranowe

Technologie membranowe umożliwiają wyeliminowanie lub ograniczenie ilości chemikaliów w procesie uzdatniania wody, a tym samym zmniejszają ładunek soli w ściekach. Według J. Wawrzyńczyka, a także innych autorów, uzdatnianie wód metodą technologii membranowej staje się opłacalne, gdy zasolenie wody przeznaczonej do uzdatniania jest większe od 6 mval NaCl/dm^3 [1]. Odpowiada to zasoleniu ok. 350 mg/dm^3 w przeliczeniu na NaCl. Stałe unowocześnianie, polegające na zwiększaniu odporności mechanicznej membran i wydajności permeatu z 1 m^2 membran, powoduje, że uzyskiwany produkt w postaci wody uzdatnionej staje się coraz tańszy. Z technik membranowych dostępnych dla ciepłownictwa należy wymienić:

- metodę demineralizacji wody za pomocą odwróconej osmozy,
- metodę zmiękczenia wody za pomocą nanofiltracji.

W procesie RO zatrzymywane są praktycznie wszystkie sole zawarte w roztworze i inne składniki organiczne. W procesie nanofiltracji (NF) są zatrzymane przez membranę jedynie sole zawierające aniony i kationy wielowartościowe (np. Ca⁺², Mg⁺², SO₄⁻², PO₄⁻³) [2].

Ze względu na stosunkowo nowatorskie zastosowanie NF do zmiękczenia wody, instalacje te są znacznie droższe od instalacji RO.

2.3.1. *Demineralizacja wody za pomocą odwróconej osmozy*

Demineralizacja wody metodą odwróconej osmozy znajduje zastosowanie w ciepłownictwie z następujących powodów:

- wyeliminowane są wszelkie niebezpieczne chemikalia,
- brak lub niewielkie opłaty za wprowadzenie koncentratu (ścieku) do środowiska,
- poprawione są warunki bhp obsługi przy eksploatacji stacji uzdatniania wody,
- wyeliminowane są nieprzewidziane awarie stanowiące zagrożenie dla środowiska,
- brak instalacji do neutralizacji ścieków poregeneracyjnych,
- niskie zużycie energii na pracę pomp (w zależności od zasolenia wody wynosi 0,5÷2,0 kWh/m³),
- prosta obsługa w systemie pełnej automatyki,
- mała przestrzeń pod urządzeniem.

Zastosowanie metody RO wymaga bardzo starannego wstępnego przygotowania wody przed właściwą instalacją membranową RO. Aby zapobiec blokowaniu się membran ciałami stałymi, osadem mineralnym (dendryty wapniowe), osadem organicznym (w tym bakterie), woda na wejściu musi spełniać określone właściwości. Zwykle przed procesem RO woda jest odżelaziana, odmanganiana, dechlorowana oraz filtrowana w filtrach bezpieczeństwa 1÷5 μm.

Wstępne przygotowanie wody ma na celu wydłużenie żywotności membran, ponieważ związki żelaza, manganu oraz jony wapnia i magnezu mogą tworzyć zwarte osady blokujące membrany. Usuwanie wolnego chloru, zwykle dodawanego do wody w celach dezynfekcyjnych, ma na celu ochronę materiału membran przed utlenieniem. Filtr bezpieczeństwa chroni membrany przed zerwanym osadem, rdzą, jonitem, węglem aktywnym i innym mikroosadem. Proces demineralizacji metodą RO prowadzony jest zwykle na spiralnych modułach membranowych. Najbardziej rozpowszechnione są membrany firmy FILMTEC oraz firmy OSMONICS. Siłą napędową stanowią: gradient stężeń i ciśnień cząstkowych, wielkość ciśnienia pompy wymuszającego przenikanie rozpuszczalnika (H₂O) przez membranę oraz temperatury roztworu. Zwykle odsalanie wody na urządzeniach typu RO polega na 3÷4-stopniowym zateżeniu koncentratu oraz jednostopniowej demineralizacji, w wyniku czego możliwe jest otrzymanie 75% permeatu (wody zdemineralizowanej) i 25% koncentratu (wody zasolonej) zawierającego w sobie wszystkie rozpuszczone sole.

W celu poprawy ekonomiki demineralizacji wody w oparciu o metodę RO w miarę możliwości należy zagospodarowywać koncentrat dla celów jak przedstawiono poniżej:

- hydroodpopielania,
- płukania filtrów i jonitów,
- chłodniczych, o ile wcześniej woda była zmiękczonea,
- mycia posadzek,
- podlewania trawników.

Należy zaznaczyć, że zmięszczanie wody w przypadku małych instalacji RO do 3 m³/h (maks. 5 m³/h) jest bardzo zalecane.

2.4. Korekta chemiczna wody, inhibicja antyosadowa i antykorozyjna

Korekcja chemiczna wody właściwie uzdatnionej i odtlenionej jest ostatnim etapem przygotowania wody przed podaniem jej jako wody uzupełniającej do sieci ciepłowniczej lub układu kotłowego.

Jej celem jest „zaimpregnowanie” wody już uzdatnionej, odtlenionej w odgazowywaczu termicznym lub próżniowym chemikaliami, które nadawać będą wodzie: podwyższony odczyn pH, własności antyosadowe i antykorozyjne w stosunku do metali konstrukcyjnych urządzeń i rur ciepłowniczych.

2.4.1. Korekta pH

Korozyja stali jest najniższa w przedziale pH 9÷11, niemniej w Polsce wykorzystywany jest zakres użyteczny pH 9÷10 zgodnie z PN-85/C-04601. Za granicą, w niektórych krajach odczyn wody obiegowej jest podniesiony do pH maks. 10,5 [3].

Do korekty pH wody tradycyjnie może być używany:

- wodorotlenek sodowy,
- ortofosforan trójsodowy,
- ortofosforan trójsodowy + wodorotlenek sodowy.

Do nowszych i skuteczniejszych inhibitorów korozji wpływających w niewielkim stopniu na pH należą hydrazyna oraz niektóre aminy błonotwórcze.

Odtleniacze chemiczne

Do wody uzupełniającej obieg c.o. po odtlenieniu w odgazowywaczu dodawany jest chemiczny odtleniacz, którego działanie polega na usunięciu tlenu resztkowego.

Do odtleniania wody może być użytych wiele reduktorów, niemniej praktyczne znaczenie ma dzisiaj kilka, a wśród nich: siarczyn sodowy, wodorosiarczyny sodowy, hydrazyna (z ograniczeniami).

Wprowadzane są nowsze odtleniacze wody [3]:

- hydrochinon - nie ma cech toksyczności dla ludzi, zapewnia wysoką sprawność i szybkość reakcji z tlenem,
- kwas eritorbinowy - izomer kwasu askorbinowego (witamina C), badania wykazują wyższość tego preparatu nad Na₂SO₃, w USA – ma atest Ministerstwa Zdrowia.

W krajach skandynawskich, a szczególnie w Danii, jako odtleniacz stosuje się taninę, która skutecznie redukuje tlen w wodzie, a ponadto jest doskonałym inhibitorem korozji.

3. Koszty uzdatniania wody wg różnych metod jej przygotowania

Rzeczą oczywistą jest, że koszt przygotowania wody na potrzeby ciepłownictwa zależy od metody i stopnia jej odsolenia oraz zastosowanych środków korekcyjnych i inhibitorów korozji.

Autorzy dokonali kalkulacji kosztów wyprodukowania 1 m³ wody trzema metodami:

- poprzez zmiękczenie,
- poprzez kwaśną dekarbonizację i zmiękczenie,
- poprzez odwróconą osmozę,

dla trzech różnych wydajności instalacji przygotowania wody: 5 m³/h, 10 m³/h oraz 25 m³/h.

Założono, że woda jest pobierana z miejskiej sieci wodociągowej i może być okresowo lub stale chlorowana, a instalacja pracuje 8000 h w ciągu roku.

Przyjęto następujący skład chemiczny wody zasilającej:

- ilość Fe og. < 0,5 mg/dm³,
- ilość Mn⁺² < 0,1 mg/dm³,
- ilość Cl₂ < 0,5 mg/dm³,

zasolenie wynosi 5 mval/dm³ w przeliczeniu wszystkich soli na NaCl, przy czym:

- suma kationów tworzących twardość (Ca⁺² + Mg⁺²) wynosi 4,5 mval/dm³,
- zasadowość m = 3,0 mval/dm³, przy ogólnej liczbie anionów 5 mval/dm³.

Jakość wody wyrażona w μS/cm po uzdatnieniu wynosi:

- 1) zmiękczenie 530 μS/cm (twardość = 0,02 mval/dm³),
- 2) kwaśna dekarbonizacja plus zmiękczenie ok. 220 μS/cm (twardość=0,02 mval/dm³),
- 3) odwrócona osmoza ok. 7 μS/cm.

Ceny urządzeń skalkulowano na podstawie średnich cen zakupu w IV kwartale 2001 r. Są one następujące i obejmują pełne zakończenie inwestycji, tj. zawierają koszty montażu urządzeń i ich rozruchu:

1. Stacja zmiękczenia wody duplex zawiera odżelaziacz, filtr z węglem aktywnym i dwukolumnową stację zmiękczenia regenerowaną NaCl, urządzenia do korekty chemicznej wody:

- 5 m³/h - 23.000,00 zł
- 10 m³/h - 43.000,00 zł
- 25 m³/h - 81.000,00 zł

2. Stacja kwaśnej dekarbonizacji plus stacja zmiękczenia zawierają: odżelaziacz, dwukolumnowy wymiennik jonitowy regenerowany HCl, desorber z pompą i dmuchawą, hydrofor, dwukolumnowy zmiękczacze regenerowany NaCl oraz neutralizator kwaśnych ścieków:

- 5 m³/h - 160.000,00 zł
- 10 m³/h - 260.000,00 zł
- 25 m³/h - 420.000,00 zł

3. Odwrócona osmoza realizuje: koagulację kontaktową i odżelazianie, dechlorację na filtrze aktywnym, szczepienie wody kwasem, dozowanie antyskalanta oraz właściwą demineralizację na urządzeniu do odwróconej osmozy:

- 5 m³/h - 210.000,00 zł
- 10 m³/h - 380.000,00 zł
- 25 m³/h - 770.000,00 zł

We wszystkich stacjach uzdatniania nie uwzględniono kosztu zbiorników gromadzących wodę uzdatnioną. Przyjęto średni koszt 1 kWh energii elektrycznej równy 0,25 zł.

Wyniki kalkulacji kosztów uzdatniania 1 m³ wody w zależności od sposobu jej uzdatniania i wielkości instalacji przedstawiono w tabeli 1. Z tabeli wynika jednoznacznie, że koszt 1 m³ wody jest niższy w przypadku instalacji o większej wydajności. Najdroższa jest cena wody ze stacji odwróconej osmozy, najtańsza ze stacji zmiękczenia. Woda z instalacji RO jest o ok. 40%÷44% droższa od wody zmiękczonej oraz o ok. 20%÷26% droższa od wody zdekarbonizowanej i zmiękczonej. Różnice procentowe zależą od wielkości instalacji.

Największy wpływ na cenę 1 m³ wyprodukowanej wody ma cena zakupu wody z przedsiębiorstwa wodociągowego. W IV kwartale 2001 r. cena średnio kształtowała się na poziomie 2,00 zł/m³. W przypadku posiadania studni przez zakład ciepłowniczy koszt pozyskiwania wody w 2001 r. nie przekraczał 0,55 zł/m³, po uwzględnieniu amortyzacji urządzeń, budynku SUW, kosztów eksploatacji i robocizny.

Znaczną pozycję cenową w technice odwróconej osmozy stanowi odprowadzany do ścieków koncentrat. Jest wiele sposobów jego zagospodarowania, szczególnie tam, gdzie jest kotłownia, tak aby nie stanowił ścieku odprowadzanego w całości do kanalizacji miejskiej. Ważną pozycją w jednostkowych kosztach wody uzdatnionej stanowią koszty zatrudnienia fachowego personelu, szczególnie w przypadku mniejszych stacji.

Autorzy nie uznają za celowe porównywania obliczonych cen produkcji 1 m³ w trzech technicznych sposobach realizacji, ponieważ jakość uzyskanych na tej drodze wód jest nieporównywalna. Woda z RO o przewodnictwie ok. 7÷10 µS/cm jest wodą najlepiej uzdatnioną, a wymagana ilość chemikaliów do korekty jest znacznie mniejsza niż w przypadku wody zmiękczonej, np. o przewodnictwie ok. 530 µS/cm, silnie buforowanej przez rozpuszczone w niej sole. Woda po instalacji RO będzie wodą kilka lub kilkanaście razy mniej korozyjną niż woda zmiękczonej.

Tabela 1

Koszty produkcji 1 m³ wody uzdatnionej na cele ciepłownicze w zależności od sposobu jej wytwarzania (w zł/m³) na 31.12.2001 r.

Lp.	Koszty jednostkowe	Zmiękczenie m ³ /h			Dekarbonizacja + zmiękczenie m ³ /h			Odwrocona osmoza m ³ /h		
		5	10	25	5	10	25	5	10	25
1.	Koszt wody *) (przy cenie zakupu 2,00 zł/m ³)	2,20	2,20	2,18	2,25	2,25	2,23	2,66	2,66	2,66
2.	Amortyzacja urządzeń (5% nakładów inwestycyjnych)	0,03	0,03	0,02	0,20	0,16	0,10	0,26	0,24	0,19
3.	Koszt remontów (2,5% od nakładów inwestycyjnych)	0,02	0,02	0,01	0,10	0,08	0,05	0,13	0,12	0,10
4.	Koszt uzupełniania jonitów (5% objętości na rok)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-
5.	Koszt wymiany membran co 8 lat	-	-	-	-	-	-	0,10	0,08	0,08
6.	Koszt chemikaliów do regeneracji jonitów i obsługi RO	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
7.	Koszt chemikaliów do korekty chemicznej 1 m ³ wody	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,06	0,06	0,06
8.	Koszta osobowe w 1 m ³ wody (1 etat 2.200,00 zł/m-c)	0,66	0,33	0,13	0,66	0,33	0,13	0,66	0,33	0,13
9.	Koszt ścieków (do kanalizacji miejskiej) – przy cenie 2,00 zł/m ³	0,20	0,20	0,20	0,40	0,40	0,37	0,66	0,66	0,66
10.	Koszt energii elektrycznej na 1 m ³	0,00	0,00	0,00	0,11	0,09	0,06	0,16	0,13	0,11
11.	Razem koszt 1 m ³	3,38	3,04	2,80	3,96	3,54	3,17	4,73	4,32	4,03

*) W cenę zakupu wody wliczono także koszt wody zużytej: na płukanie i regenerację jonitów, oraz koszt utylizacji koncentratu (dla RO)

Zmiękczenie obejmuje:	Dekarbonizacja + zmiękczenie obejmuje:	Odwrócona osmoza obejmuje:
- odżelazianie	- odżelazianie	- koagulację
- dechlorację	- dechlorację	- szczepienie antyskalanta
- zmiękczenie właściwe	- dekarbonizację	- filtrację
- korektę chemiczną	- desorpcję	- dechlorację
	- zmiękczenie	- odwróconą osmozę
	- korektę chemiczną	- korektę chemiczną

Należy podkreślić, że woda zmiękczona w przypadku uzupełniania nią miejskich sieci ciepłowniczych, nie spełnia wymogów jakościowych liberalnej normy PN-85/C-04601, szczególnie gdy uzupełnianie są rozległe, duże sieci o zapotrzebowaniu wyższym niż 5 m³/h.

Woda zdekarbonizowana i równocześnie zmiękczona zajmuje pośrednią pozycję pomiędzy wodą zmiękczoną i wodą z instalacji RO. Jednak w technologii przygotowania tej wody używany jest kwas solny w znacznych ilościach oraz w mniejszych chlorek sodowy. Stanowi to zagrożenie dla środowiska oraz obsługi i może być niekiedy przyczyną kar narzucanych na zakład przez inspektorów ochrony środowiska w przypadku przekroczenia norm ładunku soli w ściekach lub za niskiego odczynu pH.

Natomiast technologia przygotowania wody metodą RO jest przyjazna środowisku, gdyż użyte do jej wytwarzania chemikalia to jedynie korektory chemiczne, a nie chemikalia, które stanowią podstawy procesu wymiany jonowej, jak w dwóch pozostałych technologiach.

Ogólnie kalkulację produkcji 1 m³ wody otrzymywanego trzema technologiami można podsumować trafnym stwierdzeniem, że cena odpowiada jakości. Woda uzyskana z instalacji RO po korekcie chemicznej jest wodą najmniej korozyjną i jest nieporównywalnie lepsza w swoich własnościach antykorozyjnych i antyosadowych od wody otrzymanej innymi technologiami.

4. Wnioski

Koszt wyprodukowania 1 m³ wody ciepłowniczej zależy silnie od przyjętej technologii uzdatniania; jest on najwyższy dla wody uzdatnionej metodą odwróconej osmozy, a najtańszy dla wody zmiękczonej.

Wody uzdatniane tylko metodą zmiękczenia nie powinny zasilać sieci ciepłowniczych przy ich uzupełnianiu z wydajnością ponad 5 m³/h. Niezgodne jest to z normą PN-85/C-04601, która wyraźnie wskazuje na stosowanie wody zmiękczonej i zdekarbonizowanej równocześnie. Woda zmiękczona, właśnie ze względu na cenę, a nie wymaganą jakość, jest szeroko stosowana w polskim ciepłownictwie jako woda uzupełniająca sieci ciepłownicze.

Zagospodarowanie koncentratu z odwróconej osmozy, tak aby nie był on kosztownym ściekiem, lecz stanowił wodę wykorzystywaną do różnych celów na terenie kotłowni poza spożywczo-socjalnymi. Koszt wody wyprodukowanej metodą odwróconej osmozy i metodą jonitową (dekarbonizacja, zmiękczenie) jest podobny.

Koncentrat z instalacji RO nie będzie źródłem potencjalnych kar płaconych na rzecz ochrony środowiska w wyniku przekroczeń wskaźników fizykochemicznych, tak jak to może mieć miejsce w przypadku metody kwaśnej dekarbonizacji wody.

Uczciwe porównanie kosztów produkcji wody dla trzech metod wiązałoby się nie tylko z porównaniem ostatecznych kosztów wyprodukowania 1 m³ wody po instalacji odwróconej osmozy, dekarbonizacji czy też zmiękczenia, ale też z brakiem oddziaływania korozyjnego i osadowego tej wody na materiał konstrukcyjny sieci ciepłej. Wiadomo, że w takim przypadku wodą bezsprzecznie najmniej korozyjną będzie woda po instalacji z odwróconej osmozy i po korekcji chemicznej.

Literatura

1. Wawrzyńczyk J.: Membrany czy jonity. Analiza porównawcza technologii jonitowych z membranowymi, III Ogólnopolska Konferencja naukowa pt. „Membrany i procesy membranowe w ochronie środowiska”, Szczyrk, 21-23 października 1999 str.55-60.
2. Rautenbach R.: Procesy membranowe. Podstawy projektowania modułów i instalacji, WNT, Warszawa 1996.
3. Baranowski R.: Nowe kierunki preparowania wody zasilającej i kotłowej, II Krajowa Konferencja pt. „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń”, Bielsko-Biała, wrzesień 1988.

Abstract

Modern heating systems are demanding high quality water, that should meet various requirements like: non causing precipitation and scale deposits, and non causing corrosion. According to Polish norm PN-85/C-04601, a heating system with losses of heating water higher than 5 m³/h needs an additional feed water treatment in respect to achieve alkalinity less than 0,5 mval/dm³. Authors have described advantages and disadvantages of using various water treatment technologies, with putting stress on softening, ion exchange dealkalisation, and reverse osmosis methods. A review of pH and dissolved oxygen capture agents, in accordance to reduce heating water corrosive properties, has been made. Finally a comparison of production costs by means of different water treatment methods has been presented. The calculations were made for water treatment with

use of softening, dealkalisation, and reverse osmosis methods for different capacities of: 5 m³/h, 10 m³/h, and 25 m³/h. A standardized raw water analysis, and annual operational duration of water treatment plant, for all cases was equal. The presented differences in quality of softened, dealkalised, and demineralised water expressed as its conductivity of 530 μS/cm, 220 μS/cm, and 7 μS/cm has been given respectively. Calculations were made on average purchase prices in IV 2001 quarter, and presented in 3 rd paragraph. Summing up, the production costs of 1 m³ of heating water regarding to various capacities of methods, have been shown in Table 1.