

# ORIGINAL ARTICLE

## ***Efficiency of Reverse Osmosis System in the Removal of Lead, Cadmium, Chromium and Zinc in Feed Water of Dialysis Instruments in Kermanshah Hospitals***

Meghdad Pirsheb<sup>1</sup>,  
Shahram Naderi<sup>2</sup>,  
Bahareh Lorestan<sup>3</sup>,  
Touba Khosrawi<sup>4</sup>,  
Kiomars Sharafi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

<sup>2</sup> MSc Student in Environmental Health Engineering, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

<sup>4</sup> MSc in Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

<sup>5</sup> Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran and PhD Student in Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tenran, Iran

(Received June 3, 2014 ; Accepted November 1, 2014)

### **Abstract**

**Background and purpose:** The chemical quality of feed water to dialysis instrument is very important, especially in terms of heavy metals which could cause serious health problems for dialysis patients. This study aimed to determine the concentration of selected heavy metals (lead, cadmium, chromium and zinc) in feed water to dialysis instrument and compared that with EPH and AAMI standards in hospitals of Kermanshah province in 2014.

**Materials and methods:** A total of 42 samples of feed water, and 42 samples of permeate water (feed water to dialysis instrument) of reverse osmosis systems were collected from Kermanshah province hospitals. The collected samples were analyzed and the concentrations of lead, chromium, cadmium and zinc were determined using ICP (DV-Optima2100 model) according to standard methods. Then, the mean concentrations were compared with AAMI and EPH standards.

**Results:** The mean concentration of lead, cadmium, chromium and zinc in permeate water of reverse osmosis system was  $18.81 \pm 14.32$ ,  $0.719 \pm 0.53$ ,  $84.25 \pm 2.46$  and  $43.39 \pm 19.14$  ppb, respectively. The efficiency of the settled reverse osmosis system before dialysis instrument was 61.5 and 2.1%, in removal of zinc and chromium, respectively. But this system was found inefficient in removal of lead and cadmium

**Conclusion:** The mean concentrations of lead and chromium in the permeate water from the reverse osmosis system was higher than limited standards of AAMI and EPH, but the mean concentrations of chromium and zinc were lower than mentioned standards in all investigated hospitals. Therefore, the reverse osmosis system was able to decrease zinc in moderate and chromium in lower levels, but it was not effective in the removal of other heavy metals. So, periodic washing and cleaning or replacing the membrane of the reverse osmosis system is highly recommended.

**Keywords:** Water quality, Dialysis instrument, Heavy metals, Hospitals, Kermanshah province

J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 24(114): 151-157 (Persian).

## بررسی کارایی سیستم اسمز معکوس در حذف سرب، کادمیوم، کروم و روی از آب ورودی دستگاه های دیالیز

مقداد پیر صاحب<sup>۱</sup>

شهرام نادری<sup>۲</sup>

بهاره لرستانی<sup>۳</sup>

طوبی خسروی<sup>۴</sup>

کیومرث شرفی<sup>۵</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** کیفیت شیمیابی آب ورودی به دستگاه دیالیز بیماران همودیالیزی به ویژه از نظر فلزات سنگین از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه غلظت فلزات سنگین (سرب، کروم، کادمیوم و روی) آب ورودی دستگاه دیالیز بیمارستان های استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۳ سنجش شد و با استانداردهای Extractable Petroleum Hydrocarbon مقایسه شد.

Association for the advancement of medical instrumentation (AAMI)

**مواد و روش ها:** در این مطالعه ۴۲ نمونه از آب خام ورودی به سیستم اسمز معکوس و ۴۲ نمونه از آب خروجی از سیستم اسمز معکوس (آب ورودی به دستگاه دیالیز) از بیمارستان های استان کرمانشاه برداشت شد. نمونه های برداشت شده از نظر غلظت فلزات سرب، کروم، کادمیوم و روی با استفاده از دستگاه طیف سنج پلاسمای جفت شده القایی طبق روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب مورد سنجش قرار گرفت. در نهایت میانگین نتایج حاصله با استفاده از آزمون آماری تی تست با استانداردهای AAMI و EPH مقایسه شد.

**یافته ها:** بر اساس نتایج حاصله، میانگین غلظت فلزات سرب، کادمیوم، کروم و روی در آب خروجی از سیستم اسمز معکوس به ترتیب  $۱۴/۳۲ \pm ۱/۳۲$ ،  $۰/۷۱۹ \pm ۰/۵۳$ ،  $۰/۸۱ \pm ۱/۴$ ،  $۰/۴ \pm ۰/۴$  ppb و  $۸۴/۲۵ \pm ۲/۴۶$  بود. راندمان سیستم های اسمز معکوس قبل از دستگاه دیالیز، در حذف فلزات روی و کروم به ترتیب  $۶۱/۵$  درصد و  $۲/۱$  درصد بوده ولی در حذف فلزات سرب و کادمیوم مؤثر نبوده است.

**استنتاج:** میانگین غلظت فلزات سرب و کروم در آب خروجی از سیستم اسمز معکوس در تمامی بیمارستان های مورد بررسی استان کرمانشاه از استانداردهای مجاز اعلام شده با اختلاف معنی داری بیشتر و میانگین غلظت کادمیوم و روی با اختلاف معنی داری کمتر است و سیستم اسمز معکوس قبل از دستگاه دیالیز تنها توانسته است میزان روی را در حد متوسط و کروم را در حد پایینی کاهش دهد و در حذف بقیه فلزات تأثیر چندانی نداشته است. در نتیجه برای بهبود این وضعیت، باید نسبت به شست و شو و تمیز نمودن ادواری غشای سیستم های اسمز معکوس و یا تعویض آن اقدام نمود.

**واژه های کلیدی:** کیفیت آب، دستگاه دیالیز، فلزات سنگین، اسمز معکوس

### مقدمه

نارسایی کلیوی منجر به عملکرد نامطلوب کلیه ها در سرمزدایی از خون می شود، به همین دلیل بیماران

E-mail: kio.sharafi@gmail.com

مولف مسئول: کیومرث شرفی - کرمانشاه: دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، گروه مهندسی بهداشت محیط

۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۲. دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران

۳. استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران

۴. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۵. مری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه و دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دان دانشگاه علوم پزشکی تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۳ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۷/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۸/۱۰

کادمیوم آب ورودی به دستگاه‌های دیالیز بیمارستان‌های قم کمتر از حد استاندارد (AAMI) (۸) the advancement of medical instrumentation گزارش شد(۹). Arvanitidou و همکاران میزان نیکل، آهن و آلومینیوم آب ورودی به دستگاه دیالیز ۸۵ مركز در یونان را بالاتر از حد استاندارد اعلام نمودند(۱۰). با توجه به اهمیت بررسی میزان فلزات سنگین در آب ورودی دستگاه دیالیز بیماران همودیالیزی و هم‌چنین از آن جا که تاکنون مطالعه در ارتباط با دستگاه‌های دیالیز بیمارستان‌های استان کرمانشاه انجام نشده است در این مطالعه غلظت فلزات سنگین سرب، کروم، کادمیوم و روی آب ورودی به دستگاه دیالیز بیمارستان‌های استان کرمانشاه سنجش شد و با استانداردهای AAMI Extractable PetroleumHydrocarbon(EPH) در سال ۱۳۹۲ مقایسه شد.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه که به صورت توصیفی-تحلیلی در ۱۳۹۲ انجام شد، در ابتدا ۷ بیمارستان استان کرمانشاه (دارای دستگاه دیالیز و بیماران همودیالیزی) انتخاب گردید. این بیمارستان‌ها شامل بیمارستان امام رضا (ع) کرمانشاه، بیمارستان حضرت رسول (ص) جوانرود، بیمارستان شهدای هرسین، بیمارستان معاون‌الملک صحنه، بیمارستان امام خمینی (ره) سنقر، بیمارستان کنگاور، بیمارستان امام خمینی (ره) کرمانشاه و بیمارستان قدس پاوه بودند. دو نمونه از آب ورودی به سیستم اسمز معکوس (آب خام) و دو نمونه از آب خروجی سیستم اسمز معکوس (آب ورودی به دستگاه دیالیز) هر بیمارستان در دو روز مختلف برداشت شد. برای این که نمونه‌ها به عنوان نمونه واقعی از آب ورودی به دستگاه‌های دیالیز باشد، روزهای نمونه برداری بدون هماهنگی قبلی با بیمارستان‌ها و به صورت تصادفی در هفته انتخاب شدند. با توجه به سه بار تکرار آزمایشات، در این مطالعه در مجموع ۸۴ نمونه (۴۲ نمونه از آب

روز می‌باشد. در صورتی که بیماران دیالیزی هر بار که به مدت ۴ ساعت تحت درمان همودیالیز قرار می‌گیرند، به آبی معادل ۳۰۰ لیتر نیاز دارند. نکته قابل توجه آن است که آلانینده‌های آب آشامیدنی از طریق دستگاه گوارش وارد خون می‌شود؛ در حالی که در هنگام همودیالیز، آلانینده‌های مایع دیالیز مستقیم وارد خون می‌گردد. بنابراین رعایت استانداردهای کیفی به ویژه ویژگی شیمیایی آب دیالیز امری حیاتی است(۳).

مایع دیالیز شامل محلولی از مواد اولیه تغییض شده الکترولیت‌ها و آب به نسبت ۱ به ۳۴ می‌باشد. مایع تغییض شده به صورت تجاری، در کیفیت‌های یکسان و کاملاً کنترل شده تولید می‌شود، ولی آب مورد استفاده ممکن است کیفیت‌های متفاوتی داشته باشد. استفاده از آب شرب معمولی همواره احتمال انتقال مواد بالقوه سمی از مایع دیالیز به خون بیمار را به همراه دارد، از این رو کیفیت آب مصرفی برای آماده‌سازی محلول دیالیز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است(۴). معمولاً قبل از دستگاه دیالیز، یک سیستم پیش تصفیه (عمدتاً سیستم اسمز معکوس) وجود دارد که وظیفه آن، تأمین آب با کیفیت مناسب (مطابق با استانداردهای مربوطه) برای ورود به دستگاه دیالیز است(۵). بسیاری از متخصصان علت برخی از حوادث ناگوار در مراکز دیالیز را عدم کارایی سیستم پیش تصفیه و در نتیجه نامناسب بودن کیفیت آب مصرفی ورودی به دستگاه دیالیز، تشخیص داده‌اند(۶).

مقادیر عناصر جزئی از جمله فلزات سنگین مایع دیالیزی، به طور قابل توجهی میزان عناصر جزئی بیماران دیالیزی را به هم می‌زنند. در این میان، بررسی و توجه به عناصری از جمله آلومینیوم، نیکل، کادمیوم، سرب، کروم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. افزایش نیکل منجر به مسمومیت حاد نیکلی می‌شود. آلومینیوم علاوه بر این که باعث مسمومیت حاد در بیماران دیالیزی می‌شود، در طولانی مدت نیز به دلیل مداخله در مواد زئن کلسیم-فسفات، باعث ایجاد بیماری‌های مغزی و استخوانی می‌شود(۷). در مطالعه اسدی و همکاران، میانگین میزان سرب و

اخلاقی در پژوهش از ذکر نام بیمارستان‌ها همراه با میزان پارامترهای سنجش شده، خوداری گردید. جهت مقایسه میانگین غلظت فلزات سنجش شده با استانداردهای EPH و AAMI از آزمون آماری T-test در سطح معنی‌داری کمتر از  $<0.05$  استفاده شد و داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

## یافته‌ها

طبق یافته‌های مطالعه، مقایسه میانگین غلظت هر یک از فلزات مورد بررسی با استاندارد AAMI و EPH نشان داد که میانگین فلزات با اختلاف معناداری از حد استاندارد اعلام شده از سوی AAMI کمتر است ( $p < 0.05$ ) (جدول شماره ۱). در ارتباط با کارایی سیستم اسمز معکوس دستگاه‌های دیالیز مشخص شد که سیستم اسمز معکوس نه تنها نتوانسته است غلظت سرب و کادمیوم را کاهش دهد بلکه میزان این دو فلز در آب خروجی از سیستم اسمز معکوس نسبت به آب ورودی آن تا حد کمی افزایش یافته است (جدول شماره ۱ و ۲). راندمان سیستم اسمز معکوس در حذف فلزات مورد بررسی در نمودار شماره ۱ ارائه شده است.

جدول شماره ۱: میانگین، حداقل و حداکثر میزان فلزات مورد بررسی در آب خام ورودی به سیستم اسمز معکوس دستگاه دیالیز بیمارستان‌های استان کرمانشاه

حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین	تعداد نمونه	پارامتر
۷۴/۱۸۳	۳/۸۲	۲۵/۲۵	۱۸/۵۳	۴۲	(ppb)
۹۷/۷۹	۸/۰/۸۲	۵/۵۶	۸/۶/۰۶	۴۲	(ppb)
۲۵۳/۹۵	۷/۹/۹۴	۶۳/۵۶	۱۱۲/۶۷	۴۲	(ppb)
۱/۶۳	۰/۴۴۵	۰/۷۲	۰/۷۰۶	۴۲	(ppb)

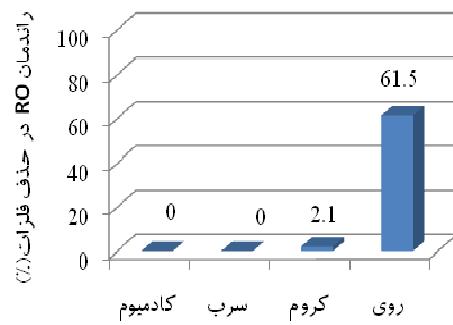
خام ورودی به سیستم اسمز معکوس و ۴۲ نمونه از آب خروجی از سیستم اسمز معکوس (آب ورودی به دستگاه دیالیز) از نظر غلظت فلزات سرب، کادمیوم، کروم و روی توسط دستگاه Inductively Coupled Plasma (ICP) مدل DV-Optima2100 مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی ۴ لیتری برداشت گردید و با توجه به این که نمونه‌های از خروجی سیستم اسمز معکوس برداشت شدن نیازی به آماده‌سازی نمونه‌ها جهت ترزیق به دستگاه ICP نبود. جهت نگهداری نمونه‌ها تا هنگام آزمایش بر اساس دستورالعمل کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب، اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید و مقدار pH به کمتر از ۲ رسانده شد (۱۱).

جهت اطمینان از دقت آزمایش، هر نمونه سه بار آزمایش می‌شد و میانگین آن ثبت می‌شد و برای اطمینان از صحبت آزمایش درصد بازیافت ارزیابی شد. برای این منظور با اضافه نمودن ۵، ۱۰ و ۱۵ میکروگرم در لیتر استاندارد کروم و کادمیوم و ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میکروگرم در لیتر استاندارد سرب و ۲۰، ۴۰ به ۶۰ میکروگرم استاندارد روی به ۱۰ نمونه از نمونه‌هایی که میزان کروم، کادمیوم، سرب و روی آن مشخص بود، درصد بازیافت سنجیده شد. درصد بازیافت کروم در لیتر استاندارد کادمیوم ۹۶/۶۱، درصد بازیافت سرب ۹۸/۸۳ و درصد بازیافت روی ۹۸/۱ درصد بود. لازم به توضیح است که سیستم اسمز معکوس مورد استفاده در تصفیه آب برای دستگاه دیالیز تمامی بیمارستان‌ها فشاری بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ PSI دارد و جنس غشاء آن‌ها از پلی آمید است. برای مراعات ملاحظات

جدول شماره ۲: میانگین، حداقل و حداکثر میزان فلزات مورد بررسی در آب خروجی از سیستم اسمز معکوس (آب ورودی به دستگاه دیالیز) بیمارستان‌های استان کرمانشاه

سطح معنی‌داری	استاندارد EPH (ppb)	استاندارد AAMI (ppb)	پارامترهای توصیفی (ppb)				تعداد نمونه	پارامتر
			حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین		
<۰/۰۱	-	۵	۴۵/۹۶	۷/۲۹۴	۱۴/۳۲	۱۸/۸۱	۴۲	سرب
<۰/۰۱	۱	۱۴	۸۶/۳۶۰	۸۱/۲۵۴	۲/۴۶	۸۴/۲۵	۴۲	کروم
<۰/۰۱	-	۱۰۰	۸۴/۸۳۷	۷۶/۷۶۲	۱۹/۴	۴۳/۳۹	۴۲	روی
۰/۰۱	۱	۱	۱/۹۲۱	۰/۴۰۳	۰/۰۳	۰/۷۱۹	۴۲	کادمیوم

موجود در آب ورودی مانند آلومینیوم، آهن و نیکل بالاتر از حد استاندارد می‌باشد<sup>(۱۰)</sup>. در مطالعه Sobrino و همکاران که روی ۳۰ عنصر در مکریک صورت گرفت، از میان عناصر مورد آزمایش فقط میزان آلومینیوم آب بالاتر از حد استاندارد AAMI بود<sup>(۱)</sup>. در مطالعه اسدی و همکاران، میانگین میزان سرب و کادمیوم آب ورودی به دستگاه‌های دیالیز بیمارستان‌های قم کمتر از حد استاندارد AAMI گزارش شد<sup>(۹)</sup>. در مطالعه باصری و همکاران، کیفیت آب ورودی به دستگاه‌های دیالیز بیمارستان اخوان کاشان از نظر فلزات سرب، کادمیوم، کروم و مس مطابق با استاندارد گزارش شده است<sup>(۱۳)</sup>. بر اساس نتایج، بالاترین میزان کارایی سیستم اسمز معکوس دستگاه دیالیز مربوط حذف روی بوده است. با این وصف سیستم اسمز معکوس توانسته است فقط ۲/۱ درصد میزان کروم را حذف نماید. علاوه بر آن، نکته جالب توجه این است که غلظت سرب و کادمیوم نه تنها توسط سیستم اسمز معکوس دستگاه دیالیز کاهش پیدا نکرده است بلکه غلظت دو فلز مذکور در خروجی از سیستم اسمز معکوس تا حد کمی بالا رفته است. یکی از دلایل احتمالی این موضوع این است تجمع فلزات در منافذ غشای نیمه تراوای سیستم بعد از مدتی به دلیل پدیده گرادیان غلظت و وجود فشار اسمزی است. زمانی که آب خام توسط پمپ به سمت غشا رانده شده ممکن است باعث رانده می‌شود فلزات به سمت دیگری از غشا گردد. در نتیجه این امر باعث اضافه شدن فلزات تجمعی یافته روی غشا به داخل آب خروجی از سیستم اسمز معکوس شود<sup>(۱۴)</sup>. لذا این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده طول عمر بالای غشا بوده و در نتیجه غشای سیستم باید تعویض گردد. دلیل احتمالی دوم می‌تواند آن باشد که با توجه به کارایی بالای سیستم اسمز معکوس در حذف مواد معدنی محلول ممکن است pH آب به سمت اسیدی شدن پیش رود و این امر می‌تواند در خورندگی تجهیزات فلزی از جمله لوله‌های منتقل کننده آب به دستگاه همودیالیز مؤثر باشد.



نمودار شماره ۱: کارایی سیستم اسمز معکوس دستگاه دیالیز بیمارستان‌های استان کرمانشاه در حذف فلزات مورد بررسی

## بحث

نتایج مطالعه حاضر بیانگر آن است که که میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در آب ورودی به دستگاه‌های دیالیز بیمارستان‌های استان کرمانشاه با اختلاف معنی داری بیشتر از استانداردهای AAMI و EPH و میانگین غلظت روی و کادمیوم با اختلاف معنی داری کمتر است ( $p < 0.05$ ). بنابراین کیفیت آب ورودی به دیالیز بر اساس این استانداردها (از نظر فلزات سرب و کروم) می‌تواند برای بیماران همودیالیز مشکل‌ساز باشد. براساس این نتایج، یکی از دلایل اصلی و تأثیرگذار مربوط به بالا بودن غلظت فلزات سنگین سرب و کروم در آب ورودی به دستگاه دیالیز، عدم کارایی مناسب سیستم اسمز معکوس در حذف فلزات سنگین مذکور می‌باشد. نتایج این مطالعه با برخی مطالعات انجام شده در این زمینه همخوانی دارد. در تحقیق مشابهی که توسط سندگل و همکاران در بیمارستان خاتم الانبیا زاهدان و هم‌چنین تحقیقی که در بخش دیالیز مرکز آموزشی درمانی پنجم آذر گرگان توسط مرجانی و وقاری صورت گرفت، مشخص شد که میزان آلومینیوم در آب دیالیز ورودی به دستگاه دیالیز دو بیمارستان مذکور بالاتر از حد استاندارد است<sup>(۱۲)</sup>. در مطالعه Arvanitidou و همکاران روی ۸۵ نمونه‌های آب ورودی به دستگاه دیالیز بعضی مراکز دیالیز بیمارستان‌های کشور یونان مشخص گردید که میزان تعدادی از فلزات

این موضوع صادق نیست. علاوه بر آن سیستم اسمز معکوس قبل از دستگاه های دیالیز مورد بررسی، کارایی مناسبی در حذف فلزات سنگین مورد مطالعه را نشان نداد که برای از بین بردن نقیصه مذکور، باید به شیشه ادواری غشای پلی امیدی سیستم اسمز معکوس و یا تعویض آن اقدام نمود.

## سپاسگزاری

نویسنده‌گان این مقاله برخود لازم می‌دانند که از مدیریت بیمارستان‌های استان کرمانشاه و همچنین از مسئولین آزمایشگاه دانشگاه آزاد واحد همدان به خاطر همکاری در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایند.

## References

1. Sobrino Pérez PE, Barril Cuadrado G, del Rey Román C, Sánchez Tomero JA. Monitoring on-line treated water and dialysate quality. *Nefrología* 2008; 28(5): 493-504.
2. Brunet P, Berland Y. Water quality and complications of haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 2000; 15(5): 578-580.
3. Hoenich NA, Ronco C, Levin R. The importance of water quality and haemodialysis fluid composition. *Blood Purif* 2006; 24(1): 11-18.
4. Ward RA. Dialysis water as a determinant of the adequacy of dialysis. *Semin Nephrol* 2005; 25(2): 102-111.
5. Hoenich NA, Levin R. The implications of water quality in hemodialysis. *Semin Dial* 2003; 16(6): 492-497.
6. Vorbeck-Meister I, Sommer R, Vorbeck F, Horl W. Quality of Water used for haemodialysis: bacteriological and chemical parameters. *Nephrology Dialysis Transplantation* 1999; 14: 666-657.
7. D'Haese P, DeBroe ME. Adequacy of Dialysis: trace element in dialysis fluids. *Nefrol Dial Transplant* 1996; 11(Suppl 2): 92-97.
8. Association for the Advancement of Medical Instrumentation. *Dialysate for Hemodialysis. Advancement of Medical Instrumentation*, Arlington, 2004.
9. Asadi M, Arast Y, Behnami Pour S, Mohebi S, Norouzi M. Studying Heavy Metal Concentration in the Entrance Water of the Dialysis Machine and Its Comparison with AAMI and EPH Standards. *Health System Researches* 2012, 8(3): 474-479 (Persian).
10. Arvanitidou M, Spaia S, Tsoubaris P, Katsinas C, Askepidis N, Pagidis P. Chemical quality of hemodialysis water in Greece: A multicenter study. *Dialysis & transplantation* 2000; 29(9): 519-525.
11. Eaton AD, Franson MAH. American Public Health Association. *Standard method for the*

و در صورتی که تجهیزات مذکور دارای آلیاژهای فلزی با ناخالصی بالا باشند می‌تواند منجر به افزودن بعضی فلزات به داخل آب مصرفی گردد(۱۵،۱۶). در مطالعه باصری و همکاران مشخص شد که میانگین pH آب ورودی به سیستم اسمز معکوس دستگاه دیالیز بیمارستان از  $7.6 \pm 0.24$  به  $7.78 \pm 0.19$  کاهش پیدا نموده است. کاهش PH در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است(۱۷،۱۸).

با توجه به نتایج حاصله می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت ورودی به تمامی سیستم‌های دیالیز بیمارستان‌های مورد بررسی استان کرمانشاه از نظر فلزات سنگین کادمیوم و روی با استاندارد EPH و AAMI مطابقت داشته اما در مورد فلزات سنگین سرب و کروم

- examination of water and wastewater. 21thed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
12. Sandgol H, Rashidi H, Zakeri Z, Karim Koshteh O, Komeil GH. Changes in serum aluminum after desferrioxamine test. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences 2004; 6(1): 53-58.
  13. Baseri A M, Dehghani R, Soleimani A, Hasanbeigi O, Pourgholi M, Ahaki A, et al. Water Quality Investigation of the Hemodialysis Instruments in Kashan Akhavan Hospital During Oct.-Nov. 2011. Iranian Jouranal of Health & Environment 2013, 6(2): 145-154.
  14. Zhao, Shigang, Shi, Weiping. Discussion on Reclaiming and Utilization of Reverse Osmosis Rejected Water. Industrial Water & Wastewater 2005; 36: 58-59.
  15. Vidyadhar VG, Jitendra LP, Srimanth K, Rajkumar SS, Pawankumar L. Performance Evaluation of Polyamide Reverse Osmosis Membrane for Removal of Contaminants in Ground. Water Collected from Chandrapur District. J Membra Sci Technol 2012; 2(117): 1-5.
  16. Berge D, Gad H, Khaled I, Rayan MA. Experimental and analytical study of Reverse Osmosis desalination plant. Mansoura Engineering Journal 2009; 34(2): 71-92.
  17. Alizadeh M, Bazrafshan E, MansoorianH J, Rajabizadeh A. Microbiological and Chemical Indicators of Water Used in Hemodialysis Centers of Hospitals Affiliated to Zahedan University ofMedical Sciences, 2012. Journal of Health & Development 2013; 2(3): 182-191 (Persian).
  18. Asadzadeh SN, Nemati sani O, Sajjadi SA, Yousefi M. Chemical Quality of Water Entrance to Dialysis Machines and Its Comparison with AAMI and EPH Standards in Hospitals of22Bahman gonabad. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences 2013; 5(4): 1137-1142.