ارزیابی فنی، اقتصادی و بهداشتی کاربرد آب شیرین‌کن‌های خانگی (سیستم اسمز معکوس) در منازل شهر قم

محمدرضا جعفری‌پور [۱] محمد سلیمی امرود [۲] عباس ضیایی‌پور [۳] رضا داودی [۴]

(دریافت ۸۸/۷/۱۱ پذیرش ۸۹/۳/۱۶)

چکیده

اسمز معکوس یکی از تکنیک‌های مؤثر در حذف مواد آلی و معدنی از آب چاهها و نیز آبهای‌سطحی است که تحت تصفیه متداول مانند انعقاد، ته‌نشینی و فیلتراسیون قرار گرفته‌اند. اگرچه این سیستم تصفیه تا اندازه‌ای خصوصیات کیفی آب آشامیدنی را تأمین می‌کند، اما از نظر مدیریت شهری، انتخاب سیستم تصفیه خانگی اسمز معکوس به‌صورت گسترده توسط بعضی از شهروندان برای تأمین نیاز آب آشامیدنی خود بدون در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی و بهداشتی می‌تواند هزینه‌هایی را در بر داشته باشد. در این مطالعه که در سال ۱۳۸۸صورت گرفت، با استفاده از روشهای آماری (نمونه‌گیری خوشه‌ای)، به جمع‌آوری اطلاعاتی در خصوص تعداد خانوارهای استفاده کننده از این دستگاهها و روش دفع پساب تولیدی مبادرت گردید. نتایج مطالعه نشان داد که در فشار کاری Kg/cm^2 ۱۰- ٦ و میزان بازیافت بهینه ۳۰ درصد و جریان عبوری یک لیتر در دقیقه و دمای ٤ تا ۳۸ درجه سلسیوس، سالانه برای تصفیه و تولید ۱۵۷٦۸۰ مترمکعب آب آشامیدنی مورد نیاز ۳٦۰۰۰ خانوار، میزان ۱٤۱۹۱۲۰۰kwh انرژی برق مصرف شده و ۳٦۷۹۲۰ مترمکعب پساب ایجاد می‌گردد که بدون هیچگونه مدیریتی به هدر می‌رود. همچنین ۱۹۸۰۰۰ فیلتر تعویض شده به محیط دفع می شود. لازم به‌ذکر است که کمبود فلوئور و سختی پایین آب تصفیه شده این گونه سیستم‌ها، از نظر بهداشتی حائز اهمیت است. افزایش تعداد ایستگاههای توزیع آب‌شیرین (آبسار) در کوتاه‌مدت و همچنین تسریع در تکمیل پروژه انتقال آب سرشاخه‌های رودخانه دز به شهر قم در درازمدت، می‌تواند در کاهش هزینه‌ها مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اسمز معکوس، ارزیابی اقتصادی، ارزیابی بهداشتی، ارزیابی فنی، تصفیه آب، قم

Health, Sanitary and Economic Evaluation of Home-like Systems of Water Treatment (Reverse Osmosis, RO) in Qom City

Mohammadreza Jafaripour [1] Mohammad Salimi Amrod [2] Abbas ziaee Pour [3] Reza Davoudi [4]

(Received Oct. 3, 2009 Accepted June. 6, 2010)

Abstract

Reverse Osmosis (RO) is one of the most useful techniques to improve the elimination of organic and mineral Substances from ground and surface water after primary purification processes such as coagulation, sedimentation and filtration.This System provides the required water quality characteristics to somehow. However, in selection RO systems civil management decision and general public opinion along with cost and health impact must be considered. This study was done in 2010. Statistical methods have used to gather data about of families who used RO In their private homes and mode of eliminate of the wastewater generated by this process. The results indicated that in the normal operational conditions such as pressure 6- 10 kg / cm^2 the, optimum recovery % 30 and flow rate 1lit/min , and water temperature 4- 38C°, an Amount of 14191200 kwh of power energy have been consumed to produce 157680 m^3 / year treated water required for 36000 families. This has also generated 367920 m^3 / year of wastewater being disposed without any management and environmental considerations. Apart from that more than 198000 of filters have been ejected to the environment. Also regarding

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم (نویسنده مسئول) ۸۹۰۵۱۶۳ (۰۲۵۱) mohammadrezajafaripour@yahoo.com
۲- کارشناس ارشد مدیریت خدمات بهداشتی درمانی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم
۳- دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم

1. M.Sc. of Environmental Health Eng., Faculty of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom (Corresponding Author) (+98 251) 8905163 mohammadrezajafaripour@yahoo.com
2. M.Sc. of Health and Medical Services Management, Faculty of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom
3. B.S. Student of Health Environmental, Faculty of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom
4. M.Sc. Student of Environmental Health Eng., Faculty of public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom

health aspects, reducing the hardness and fluoride levels in treated water could be undesirable. It could be concluded that increasing the number of local water distribution points and speeding up the water supplying project from Dez river to Qom can decrease the investment on RO system.

Keywords: Reverse Osmosis, Economic Evaluation , Environmental Health Evaluation, Sanitary Evaluation, Water Treatment, Qom.

۱- مقدمه

در وسایل خانگی تصفیه آب به‌منظور حذف مزه، بو، کدورت و رنگ از تکنیک‌های جذب سطحی، صاف کردن، تبادل یون، اسمز معکوس، تقطیر و یا اشعه فرا بنفش استفاده می‌شود.

یکی از رایج‌ترین روشهای تصفیه آب به‌ویژه در مناطقی که دارای کیفیت نامطلوب آب (لب شور) هستند، استفاده از آب شیرین‌کن‌های خانگی با روش تصفیه اسمز معکوس[1] است.

این دستگاهها را می‌توان به‌صورت دستگاههای درون خطی در زیر ظرفشویی آشپزخانه نصب کرد و یا در نقطه ورودی برای تصفیه کل آب خانه مورد استفاده قرار داد.

RO یک تکنولوژی مؤثر در بهبود حذف املاح از آبهای سطحی لخته[2] شده است، اما تصمیم در انتخاب و به‌کارگیری این فرایند باید منوط به ارزیابی اقتصادی و بهداشتی گردد [۱].

به‌طور کلی در برآورد اقتصادی به‌کارگیری چنین سیستم‌هایی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری سیستم را به راحتی می‌توان محاسبه کرد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری جزو هزینه‌های ثابت است در حالی که هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری این سیستم‌ها بر حسب حجم آب تولیدی، متغیر و شامل هزینه کاربرد مواد شیمیایی به‌منظور شستشو و تعویض فیلترها، هزینه مصرف انرژی و هزینه آزمایش‌ها به‌منظور کنترل سیستم است.

البته در بعضی مواقع هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری سیستم RO جزو هزینه‌های ثابت محسوب می‌شود. به‌عنوان مثال گاهی مواقع تعویض فیلترها و آزمایش‌ها باتوجه به برنامه زمانی خاصی صورت می‌گیرد که در این‌گونه موارد این هزینه‌ها جزو هزینه‌های ثابت محسوب می‌گردند. اما بخشی از هزینه‌ها شامل هزینه‌های زیست محیطی و بهداشتی که در نتیجه کاربرد این سیستم‌ها به‌وجود می‌آیند، به‌دلیل غیر ملموس بودن به‌راحتی قابل اندازه‌گیری نیستند.

به‌طورکلی راههای اصلی برای به حداقل رساندن هزینه این سیستم‌ها به بازیافت فرایند، مصرف انرژی، طول عمر غشا و شستشوی آن بستگی دارد [۱].

یکی از عوامل محدود کننده استفاده از سیستم‌های اسمزمعکوس، مصرف بالای انرژی است. غشاهای اسمز معکوس با فشار تغذیه‌ای پایین با درجه بالای حذف نمک، گزینه‌ای کارآمد برای تصفیه آب به‌شمار می‌روند زیرا این تکنولوژی می‌تواند همانند RO ضمن حذف املاح ویژه آب، فشار تغذیه‌ای کمتری را به‌کار گیرد [۲]. این موضوع در مورد آب شیرین‌کن‌های خانگی که در آنها از فرایند اسمز معکوس استفاده می‌شود، مصداق دارد.

تجربه نشان داده است که فشار اسمزی پایین‌تر آب تغذیه RO باعث می‌شود فشار کاری پمپ کم شود و در نتیجه هزینه‌های بهره‌برداری کاهش یابد [۳].

لازم به‌ذکر است که غشاهایی که در فشار تغذیه‌ای خیلی بالا بهره‌برداری می‌شوند، به‌دلیل اثرات پلاریزاسیون غلظتی، دچار گرفتگی[3] می‌شوند و به‌دنبال آن، هزینه‌های نگهداری سیستم را افزایش می‌دهند [۲].

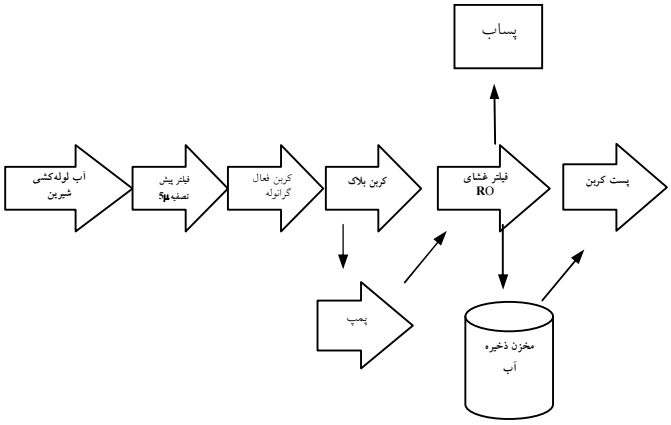
شستشوی این فیلترها نیازمند اطلاعات کافی از محلول‌های مناسب و نیز زمان و نحوه استفاده از محلول‌هاست ولی اکثریت افراد، فاقد تخصص لازم هستند.

مقدار بازیافت سیستم‌های RO کوچک خانگی که در آشپزخانه منازل نصب می‌شود حدود ۳۰ درصد است. در این واحدهای کوچک، از دست دادن آب ارزان‌تر از اعمال روشهایی برای جلوگیری از تشکیل رسوب است لذا در نتیجه تصفیه آب، حجم بالایی از پساب تولید می‌گردد و این موضوع در یک شهر که شهروندان زیادی از این سیستم استفاده می‌کنند، می‌تواند حائز اهمیت باشد [۴].

نیاز روزانه آب شهری قم از دو طریق تأمین می‌گردد: در یک بخش، آب ذخیره شده در سد ۱۵ خرداد با روشهای انعقاد، ته‌نشینی و فیلتراسیون تصفیه می‌گردد و در مواقع افت دبی شبکه توزیع شهری، از ظرفیت ۴۲ حلقه چاه که در مسیر رودخانه قم قرار دارد استفاده می‌شود و آب از طریق سیستم توزیع آب شهری در اختیار مردم قرارمی‌گیرد.

در بخش دیگر با استفاده از ظرفیت و امکانات بخش خصوصی و احداث ۴ دستگاه آب شیرین‌کن بزرگ (RO)،آب ۱۳حلقه چاه در ۶۰ کیلومتری قم-ساوه (چاههای علی‌آباد)، به شهر قم منتقل و تصفیه می‌شود و از طریق ۲۶۰ ایستگاه آب شیرین (آبسار) در سطح شهر و ۵۰۰ انشعاب شامل ادارات و مراکز فرهنگی و آموزشی، نیاز آب آشامیدنی روزانه مردم تأمین می‌گردد.

[1] Reverse Osmosis (RO)
[2] Coagulum
[3] Fouling



شکل ۱- مراحل فرایند تصفیه با سیستم خانگی **RO**

اگرچه سهولت به‌کارگیری و نصب دستگاه RO در منازل برای دستیابی به کیفیت مطلوب آب و نیز سادگی و اتوماتیک بودن آن و اشغال فضای بسیارکم، مصرف کنندگان آب را به استفاده از این سیستم ترغیب می‌کند اما هنگامی که از منظر جامع‌تری به این مسئله نگریسته شود، این سئوال مطرح می‌شود که استفاده گسترده شهروندان از این سیستم برای تأمین آب آشامیدنی از نظر اقتصادی، بهداشتی و زیست محیطی دارای چه پیامدهای مثبت و منفی است. در این مطالعه به ارزیابی فنی و اقتصادی و بهداشتی کاربرد آب شیرین‌کن‌های خانگی در شهر قم پرداخته شد.

۲- روش

در این مطالعه که در سال ۱۳۸۸صورت گرفت، با استفاده از روشهای آماری (نمونه‌گیری خوشه‌ای) به جمع‌آوری اطلاعاتی در خصوص تعداد خانوارهایی که برای تأمین نیاز آب آشامیدنی خود از سیستم تصفیه خانگی RO استفاده کرده‌اند و نیز نحوه دفع پساب این سیستم‌ها پرداخته شد. لازم به‌ذکر است که طبق آخرین سرشماری صورت گرفته در سال ۱۳۸۵، بعد هرخانوار شهری در قم ۴ نفر و تعداد خانوارهای شهر قم حدود ۲۴۲۰۰۰ اعلام گردیده است.

سرانه آب آشامیدنی بر اساس دستورالعمل سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۳ تا ۵ لیتر به ازای هر نفر در شبانه روز اعلام شده است که در این مطالعه مقدار مورد نظر ۳ لیتر (مقدار حداقل) به ازای هر نفر در شبانه روز در نظر گرفته شد [۵].

همچنین برای برآورد مقدار انرژی مصرفی و میزان پساب تولیدی به ازای تولید ۱مترمکعب آب آشامیدنی، از یک دستگاه RO که به‌طور معمول توسط شهروندان به‌منظور تصفیه آب شبکه شهری به‌کار می‌رفت، به‌صورت پایلوت استفاده گردید.

این سیستم‌های تصفیه از سه فیلتر PP، کربن فعال گرانولی[1] و کربن سیاه[2] که قبل از غشای RO قراردارند، تشکیل شده‌اند. در مرحله بعد، پمپ دیافراگمی با میزان جریان عبوری یک لیتر در دقیقه و فشارکاری ۶-۱۰Kg/cm^2 و سپس غشای RO از نوع پلی‌آمید ساخت شرکت فیلم تک[3] مدل TW30-1812-50 و در نهایت فیلتر کربن پست[4] مدل ROT/33 قرار دارند. شکل ۱ مراحل فرایند تصفیه با سیستم خانگی RO را نشان می‌دهد.

به‌منظور قرار گرفتن سیستم RO در شرایط بهینه، آزمایش‌ها بر روی سیستم ۴۸ ساعت بعد از نصب و راه‌اندازی آن صورت گرفت.

نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌ها بر اساس کتاب استاندارد متد انجام شد [۶].

در پایان به‌منظور تحلیل داده‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

مشخصات کمّی و کیفی منابع آب قم به‌ترتیب در جدولهای ۱ و۲ آمده است.

پارامترهای کیفی ذکر شده در جدول ۲ مربوط به دوره یکساله ۱۳۸۸است. در نمونه برداری‌ها و آزمایش‌های انجام گرفته در این مطالعه، مقدار فلزات سنگین، ترکیبات BETX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن P,O)، هیدروکربن‌ها، TOC و رادیونوکلئیدها مشخص نشدند. همانطور که در جدول آمده است نتایج مطالعه نشان‌دهنده کیفیت نامطلوب آب لوله کشی شهر قم از نظر مزه و طعم است.

مقدار متوسط ترکیبات شیمیایی نظیر کلرور، سولفات و کل جامدات محلول در شبکه شهری در طول سال، بیش از حد مجاز

[1] Granular Activater Carbon (GAC)
[2] Carbon Black
[3] Film Tec
[4] Post Carbon

جدول ۱- مشخصات کمّی منابع آب قم

عنوان	تعداد کل	دبی متوسط (لیتر برثانیه)	حداکثر ظرفیت تامین (لیتر بر ثانیه)	ظرفیت تامین کنونی (لیتر بر ثانیه)	متوسط EC (میکروموس برسانتیمتر)	روش تصفیه
سد ۱۵ خرداد	۱	۱۸۵۰	۲۲۰۰	۲۱۰۰	۲۰۰۰	فیزیکی به روش انعقاد، ته‌نشینی
چاههای داخل شهر قم	۴۲	۴۱	۱۷۲۲	۱۴۳۵	۴۵۰۰	و فیلتراسیون
چاههای علی آباد	۱۳	۴۱	۵۳۳	۴۱۰	۲۵۰۰	اسمز معکوس

است و باعث ایجاد طعم و مزه نامطلوب آب می‌شود لذا شهروندان تمایلی به استفاده از آب شبکه توزیع ندارند و این درحالی است که مشخصات شیمیایی آب ایستگاههای توزیع آب شیرین (آبسار) در حد و اندازه مجاز است و شهروندان را به استفاده از این آب شرب متمایل می‌کند. اما نکته قابل ذکر درمورد استفاده از این ایستگاهها، عدم دسترسی آسان است. لذا بخشی از شهروندان به ناچار مبادرت به کاربرد دستگاههای خانگی تصفیه آب نموده‌اند.

نتایج مطالعه نشان داد که ۳۶۰۰۰ خانوار قمی یعنی ۱۵درصد جمعیت قم برای تأمین آب شرب مورد نیاز خود از سیستم تصفیه خانگی RO استفاده کرده‌اند. لازم به‌ذکر است که بسیاری از شهروندان درمصارف پخت و پز روزانه نیز ازآب تولیدی سیستم RO استفاده می‌کنند و این درحالی است که مصرف سرانه پخت و پز بر اساس دستورالعمل سازمان مدیریت و برنامه ریزی ۵ تا ۱۰لیتر به ازای هر نفر در شبانه روزاعلام شده است که در این مطالعه از آن به‌طور کامل چشم پوشی شد [۵].

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، هزینه مستقیم سالانه‌ای که بر ۳۶۰۰۰ خانوارمعادل ۱۵درصد جمعیت شهر قم وارد می‌شود، معادل قیمت تعویض ۱۹۸۰۰۰عدد انواع فیلتر به‌علاوه انرژی برق مصرفی به‌منظور تصفیه است.

لازم به‌ذکر است که دوره زمانی تعویض فیلترها تحت شرایط دمایی ۴ تا ۳۸ درجه سلسیوس، pH ۳ تا ۱۱، TDS کمتر از ppm ۱۰۰۰، سختی کمتراز ۸۰۰ ، فشار آب شهری معادل ۳۰psi و کدورت NTU ۰/۱ در نظر گرفته شده است و با توجه به اینکه متوسط غلظت TDS، سختی و کدورت شبکه شهری قم بسیار بالاتر از مقادیر ذکر شده است، لذا دوره زمانی تعویض فیلترها کوتاه‌تر از آن است که از آن چشم پوشی شود.

همچنین نتایج مطالعه نشان داد که سیستم اسمزمعکوس خانگی با بازیافت ۳۰ درصد و فشار کاری Kg/cm^2 ۱۰-۶ برای تأمین نیاز سالانه آب آشامیدنی ۳۶۰۰۰خانوار قمی که معادل ۱۵۷۶۷۴ مترمکعب است، ۱۴۱۹۱۲۰۰ کیلووات ساعت انرژی برق مصرف نموده و ۳۶۷۹۲۰ مترمکعب پساب تولید کرده است (جدول ۴). همانطور که بیان شد آب شبکه شهری از سد ۱۵ خرداد تأمین می‌شود که در ۶۵ کیلومتری شهر قم قرار دارد و هزینه زیادی صرف تصفیه، پمپاژ، کلرزنی و در نهایت توزیع آن در سطح شهر می‌شود و این در حالی است که به‌کارگیری سیستم RO خانگی با بازیافت ۳۰ درصد میزان پساب بسیار زیادی تولید می‌کند که در نهایت به‌دلیل عدم توسعه شبکه فاضلاب شهری و پایین بودن سطح آبهای زیرزمینی به‌صورت دفع در چاههای جذبی به هدر می‌رود و هیچگونه اقدامی در مورد بازیافت و استفاده مجدد از این پساب صورت نمی‌گیرد.

۳-۱- ارزیابی بهداشتی و زیست محیطی

با توجه به مقرون به صرفه نبودن و نیز عدم سهولت دسترسی و فقدان آگاهی شهروندان در مورد استفاده از محلولهای مناسب به‌منظور شستشوی فیلترهای RO، دفع این فیلترها به محیط ترجیح داده می‌شود.

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، سالانه ۱۹۸۰۰۰فیلتر از کار افتاده بدون هیچگونه توجه خاصی به تبعات زیست محیطی آن همراه با زباله‌های شهری به محیط دفع می‌شود که حجم بالایی از محل لندفیل را اشغال می‌کند و هزینه‌های خاصی را در بر دارد. در ساختمان این فیلترها مواد مقاوم یا غیر قابل تجزیه زیستی وجود دارد. لازم به‌ذکر است که علاوه بر فیلترهای دفع شده، سایر متعلقات سیستم RO نیز در اثر خراب شدن و نقص فنّی همراه زباله‌های شهری دفع می‌گردند و هیچگونه مدیریتی در مورد بازیافت، احیا و استفاده مجدد آنها صورت نمی‌گیرد.

تحقیقات نشان داده است که غلظت متوسط فلوئورید در حد ۱میلی‌گرم در لیتر می‌تواند در جلوگیری از پوسیدگی دندان مفید واقع گردد و در مقابل افزایش بیش از حد آن در آب باعث بیماری فلوئوروزیس[1] می‌شود [۷].

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شد، غلظت فلوئور در آب لوله کشی شهری در حد استانداردهای آب آشامیدنی است اما مطالعه نشان داد که کاربرد سیستم تصفیه خانگی RO در شرایط ذکر شده، غلظت این عنصر را به حد صفر کاهش می‌دهد.

[1] Fluorosis

جدول ۲- مشخصات کیفی منابع آب قم (شبکه شهری و ایستگاههای توزیع آب شیرین)

	پارامترهای شیمیایی	TDS (mg/L)	pH	سختی کل (mg/L)	کلرور (mg/L)	نیترات (mg/L)	نیتریت (mg/L)	منیزیم (mg/L)	آهن (mg/L)	منگنز (mg/L)	فلوئور (mg/L)	کلسیم (mg/L)	سولفات (mg/L)
	حداکثر مجاز استاندارد ۱۰۵۳ وزارت نیرو	۱۵۰۰	۶/۵-۹	۵۰۰	۶۰۰	۵۰	۳	۵۰	۰/۳	۰/۵	۰/۶-۲/۶	۲۵۰	۶۰۰
مقدار مشاهده شده	شبکه شهری	۱۹۴۵±۱۵۰	۶/۷±۰/۵	۱۰۱۸±۳۱۰	۵۲۰±۱۴۲	۷/۳±۰/۲	۰/۰۰۷۵±۰/۰۰۰۵	۱۲۵±۳۰	۰/۱۶±۰/۰۴	۰/۹۲±۰/۲۲	۰/۹۲±۰/۲۲	۱۹۹/۵±۹۱/۵	۹۵۰±۲۰۰
	ایستگاه توزیع آب شیرین (آبسار)	۲۳۵±۲۱	۷/۲±۰/۲	۴۰±۱۰	۱۱۵±۲۰	۳/۳۳±۰/۷۷	۰/۰۰۱۳±۰/۰۰۵	۵/۸۲±۰/۰۱	۰/۲۸±۰/۲	۰/۳۵±۰/۲	۰/۳۵±۰/۲	۷±۲/۴۲	۳۰±۶

جدول ۳- مشخصات و دوره زمانی تعویض فیلترها

نوع فیلتر	عملکرد	طول عمر	کل تعداد سالیانه تعویض فیلترها
pp.5µ(pre- filter)	حذف املاح جامد (گل ،خاک و...)	۶ ماه	۷۲۰۰۰
GAC	حذف کلر، رنگ وبو	۱ سال	۳۶۰۰۰
کربن سیاه	حذف کلر، رنگ وبو	۱ سال	۳۶۰۰۰
غشا RO	جلوگیری وحذف املاح محلول	۲ سال	۱۸۰۰۰
کربن پست	جلوگیری وحذف رنگ وبو (احتمالی)	۱ سال	۳۶۰۰۰
			تعدادکل: ۱۹۸۰۰۰

جدول ۴- میزان نیاز شرب سالانه آب و هزینه های مربوط به آن

میزان سالانه مصرف انرژی (Kwh)	میزان پساب تولیدی سالانه (m^3/year)	نیازشرب سالانه (m^3)
۱۴۱۹۱۲۰۰	۳۶۷۹۲۰	۱۵۷۶۷۵

از طرف دیگر وجود کلر باقیمانده در سیستم توزیع آب شهری می‌تواند ضمن کنترل رشد بیوفیلم و باکتری‌های پلانکتونیک، در جلوگیری از آلودگی‌های ثانویه نیز نقطه اطمینانی باشد. اما حذف کلر توسط سیستم اسمز معکوس می‌تواند به مرور زمان فرصت رشد بیوفیلم و به‌دنبال آن پاتوژن‌های فرصت‌طلب نظیر *سودوموناس*[1] *آئروموناس*[2] را فراهم کند [۸].

یک مطالعه اپیدمیولوژی نشان داد که بین شمارش باکتریایی آب آشامیدنی در ۳۵ درجه سلسیوس و بروز علائم بیماری گوارشی در ۶۰۰ خانوار مصرف کننده آب تصفیه شده با اسمز معکوس، ارتباط وجود دارد؛ میزان ناراحتی‌های گوارشی در گروه مصرف کننده آب شیر عادی، ۳۰ درصد بیش از گروهی بود که آب تصفیه شده با اسمز معکوس را مصرف می‌نمودند. در مطالعه‌ای دیگر معلوم شد که کودکان ۲ تا ۵ ساله، بیشترین جمعیتی بودند که گرفتار ناراحتی‌های گوارشی بودند. بنابراین هر چند به نظر می‌رسد که اسمز معکوس، بروز ناراحتی‌های گوارشی را کاهش می‌دهد اما تصفیه با وسایل خانگی ممکن است که تأثیری نامطلوب روی کیفیت میکروبیولوژی آب آشامیدنی داشته باشد [۹].

مطالعات نشان داده است که آبهای سخت در جلوگیری از بیماریهای قلبی- عروقی مفید هستند و این در حالی است که در روش اسمز معکوس، به‌دلیل دفع بالای یون‌های دو ظرفیتی نظیر کلسیم و منیزیم که عوامل اصلی تشکیل دهنده سختی آب هستند، آب تولیدی نهایی دارای سختی بسیار پایینی است. کلیه مسائل ذکر شده در ارتباط با ارزیابی‌های بهداشتی و زیست محیطی می‌توانند جزو هزینه‌های غیرمستقیم (پیامد اقتصادی منفی) استفاده از این سیستم‌ها باشد.

۳-۲- ارزیابی اقتصادی (هزینه فرصت)

هزینه فرصت، مقدار فایده یک کالای جایگزین است که در نتیجه استفاده کالای مورد نظر از دست رفته است؛ به عبارت دیگر آنچه که با یک تصمیم یا انتخاب از دست می‌رود، هزینه فرصت آن انتخاب و یا تصمیم خوانده می‌شود [۳].

صرف‌نظر از پیامدهای اقتصادی مثبت و منفی انتخاب سیستم تصفیه خانگی RO، جا دارد این سوال مطرح گردد که اگر شهروندان قمی این امکان را پیدا کنند که به سهولت به ایستگاههای توزیع آب شیرین دسترسی پیدا کنند و برای تأمین آب آشامیدنی خود این ایستگاهها را برگزینند، قادر خواهند بود چه مقدار در هزینه‌های سالانه تأمین آب آشامیدنی خود صرفه‌جویی کنند وآن را در بخش دیگری (اجتماعی، فرهنگی، بهداشتی) که در نهایت نتیجه مناسب‌تری برای اجتماع و شهروندان به همراه داشته باشد، صرف نمایند.

این هزینه شامل مجموع بهای آب تصفیه شده و پساب تولیدی است که به‌صورت دفع در چاه جذبی هدر می‌رود. همچنین هزینه سالیانه مصرف انرژی برای تصفیه آب و تعویض فیلترها نیز در نظر گرفته شده است. بهای هر متر مکعب آب شبکه توزیع شهری ۶۰۲۰ ریال است. بهای هر متر مکعب آب ایستگاههای توزیع آب شیرین ۱۴۰۰۰ ریال است.

همانطور که در جدول ۵ آمده است، در صورتی که ۳۶۰۰۰ خانوار مورد مطالعه برای تأمین نیاز آب آشامیدنی خود از ایستگاههای آب شیرین به‌جای سیستم تصفیه خانگی RO استفاده کنند سالانه بیش از دو میلیارد ریال درهزینه صرفه جویی می‌شود.

جدول ۵- مقایسه هزینه‌ای تأمین آب مورد نیاز آشامیدنی برای شهروندان

نیازشرب سالانه (m^3)	هزینه تمام شده (شبکه شهری) (۱) (ریال)	هزینه تمام شده (ایستگاههای توزیع آب شیرین) (۲) (ریال)
۱۵۷۶۸۰	۹۴۹۲۳۳۶۰	۲۲۰۷۵۲۰۰۰۰

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از سیستم‌های تصفیه خانگی RO، از جنبه‌های اقتصادی و بهداشتی و زیست محیطی هزینه‌هایی را بر اجتماع وارد می‌کند که ازدید مدیران شهری و همچنین شهروندان پنهان است.

نتایج این مطالعه تنها در مورد ۱۵درصد از خانوارهای شهر قم بود و این در حالی است که بخش عمده‌ای از ادارات و سازمان‌ها و مراکز تجاری شهر قم به استفاده از سیستم RO مبادرت نموده اند.

قابل ذکر است که با توجه به مناسب بودن کیفیت آب ایستگاههای علی‌آباد، برای حل کوتاه مدت مسئله باید در جهت توسعه شبکه و افزایش این ایستگاهها و امکان دسترسی آسان شهروندان به آن اقدام نمود و ازطرف دیگر به آموزش مردم با هدف ارتقاء آگاهی آنان در زمینه استفاده از سیستم تصفیه خانگی RO و پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی و بهداشتی آن مبادرت نمود.

البته باید در نظر گرفت که در مورد کم بودن میزان فلوئورید

[1] *Pseudomonas*
[2] *Aeromonas*

آب ایستگاههای علی‌آباد نیز باید با نصب سیستم فلوئورزنی در افزایش میزان آن تا حد استاندارد اقدام نمود .

با توجه به موقعیت خاص شهر قم و وجود دو شبکه آبرسانی با ویژگی‌های خاص، می‌توان با در نظر گرفتن ارزیابی‌های اقتصادی و زیست محیطی و بهداشتی نسبت به مدیریت کارآمدتر این موضوع با تحمیل کمترین هزینه‌ها اقدام نمود. البته تسریع در تکمیل پروژه انتقال و تصفیه آب سرشاخه‌های دز می‌تواند ضمن برآورده نمودن نیازکیفی آب آشامیدنی، به رفع دغدغه‌های بهداشتی و هزینه‌های ناشی از کنترل و نظارت چندین منبع تأمین آب آشامیدنی شهروندان کمک زیادی نماید.

۵- مراجع

1- Liikanen, R., Yli-Kuivila, J., Tenhunen, J., and Laukkanen, R. (2006). "Cost and environmental impact of nanofiltration in treatingchemically pre-treated surface water." *Desalination*, 201, 58-70.

2- Pei Xu, J.E., and Drewes, D.H. (2008). "Beneficial use of co-produced water through membrane treatment: Technical-economic assessment." *Desalination*, 225 139-155.

3- Hernández, F., Urkiaga, A., De Las Fuentes, L., Bis, B., Chiru, E., Balazs, B., and Wintgens,T. (2006). "Feasibility studies for water reuse projects: An economical approach." *Desalination*, 187 253-261.

4- Kermani, M. (2003). *Advanced methods in water treatment industry*, Ghashe. Pub., Tehran. (In Persian)

5- Ministry of Energy. (1999). *The technical guidance in designing of sewerage*, Tehran. (In Persian)

6- Greenberg, A.E., Clesceril, S., and Eaton A.D. (1995). *Standard methods for the examination water and wastewater*, 19th Ed., AOHS, AWWA, WEF, US.

7- Rani, D.E., Alemayehu, V., and Singh, A.K. (2008). "Removal of fluoride, arsenic and coliform bacteria by modified homemade filter media from drinking water." *Bioresource Technology*, 99, 2269-2274.

8- Marie, E., Rosangela, G., and Marcio, G. (2007). "Comparison of the bacteriological quality of tap water and bottled mineral water." *Environmental Health*, 155, 238-248.

9- Mirhendi, H. (2005). *Wastewater microbiology*, Tehran University Pub., Tehran. (In Persian)