سال چهارم، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۱ تا ۱۲
نشریه آب و توسعه پایدار

2018, Vol.4, No.2, Pages 1 to 12
Journal of Water and Sustainable Development

رویکردهای اقتصاد چرخشی فاضلاب در توسعه‌ی پایدار

سیدحسین سجادی‌فر[۱*]، علی‌اصغر قانع[۲]، محمد داودآبادی[۳]، شعله شالپوش[۴]

۱- دکتری اقتصاد، شرکت آب و فاضلاب استان تهران. ۲، ۳ و ٤- به ترتیب کارشناس ارشد مدیریت، کارشناس ارشد حسابداری و کارشناس ارشد حسابداری، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: h.sajadifar@gmail.com)
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۱۰

چکیده

امروزه نظر به افزایش بازارهای رقابتی، تنوع محصولات، تغییرات شرایط سیاسی و اقتصادی، تغییرات آب و هوایی، کاهش و آلودگی برخی از منابع طبیعی و... دانش اقتصاد مرزهای خود را از اقتصاد خطی (تولید-توزیع-مصرف)فراتر گذاشته‌وبه‌سمت‌اقتصادچرخشی(تولید-مصرف-بازیافت) در حال حرکت است. در اقتصاد چرخشی علاوه بر هدف اصلی اقتصاد خطی، کاهش، بازیافت یا استفاده‌ی مجدد از ضایعات در فرآیند تولید، هدف آرمانی است. موضوع اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب از یک سو نظر به مشخصه‌های خاص آن (مصرف آب و تولید فاضلاب همزمان)، تأثیر مخرب فاضلاب بر محیط‌زیست، مشکلات کمبود آب به دلیل افزایش جمعیت، شدت رقابت مصرف‌کنندگان آب، کاهش سرانه‌ی منابع آبی کشور، خشکسالی‌های مستمر و استفاده‌ی مجدد فاضلاب در مسیر توسعه‌ی پایدار، قابل ملاحظه است. این پژوهش سعی دارد، ضمن تشریح مبانی نظری اقتصاد چرخشی، توسعه‌ی پایدار و استفاده‌ی مجدد از فاضلاب، ارتباط متقابل این سه مؤلفه و الزامات و فرصت‌های اقتصاد چرخشی در استفاده‌ی مجدد از فاضلاب در مسیر توسعه‌ی پایدار را مورد نقد و بررسی قرار دهد. همچنین در این پژوهش، با استفاده از ارزش اقتصادی آب در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور و پساب تخصیص داده شده به این بخش‌ها، سهم پساب فاضلاب در ایجاد ارزش افزوده اقتصادی کشور در سال ۱۳۹۴ محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد، اقتصاد چرخشی پساب فاضلاب سبب ایجاد ارزش افزوده اقتصادی به میزان ۲،۲۵۱ میلیارد ریال (۰/۰۲ درصد از کل ارزش افزوده‌ی اقتصاد کشور) شده و برنامه‌ریزی صحیح برای استفاده‌ی بهینه از پساب فاضلاب می‌تواند نقش پررنگی در رشد اقتصادی کشور، مدیریت منابع آب و توسعه‌ی پایدار داشته‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد چرخشی، پساب فاضلاب، توسعه‌ی پایدار و صنعت آب و فاضلاب.

Wastewater Circular Economy Approach in Sustainable Development

S.H. Sajadifar[*1], A.A. Ghane[2], M. Davoodabadi[3], Sh. Shalpoush[4]

1- Ph.D. in Economics, Tehran Water and Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran. 2,3,4- M.Sc. in Management & M.Sc. in Accounting & M.Sc. in Accounting, National Water and Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: h.sajadifar@gmail.com)
Received: 18-06-2017
Accepted: 01-08-2017

Abstract

Today in the light of the competitive markets, diversity of products, political and economic evolutions, climate changes, depletion and pollution of a number of natural resources etc., the science of economy has extended its limits beyond the linear economy (production – distribution – consumption) and is moving towards a circular economy (production – consumption – recycle). In addition to the main objective, the reduction and recycling, or reusing of the waste from production processes, is the main ideal of circular economy. The topic of circular economy in the water and wastewater industry can be considered from the aspect of its specific features (simultaneous consumption of water and the generation of wastewater), negative impacts of wastewater on the environment, water scarcity caused by growing population, the intense competition among water consumers (agriculture, industry, and domestic), reduction of the per-capita water resources, consecutive droughts, and the reuse of wastewater in the course of sustainable development. While explaining the fundamentals of a circular economy, sustainable development, and reuse of wastewater, this paper tries to analyze and review the interaction of these components and the requirements and opportunities of the circular economy in the reuse of wastewater in the course of sustainable development. Also, in this study, using the economic value of water in different economic sectors of the country and the wastewater allocated to these sectors, the share of wastewater in creating the economic value added to the country in 1394 is calculated. The results show that the circular economy of wastewater will create IRR 2251 billion (0.02% of the total national value added) and that the correct management and planning for efficient reuse of wastewater can play an important role in the national economic value, water resources management, and sustainable development.

Keywords: Circular economy, Wastewater effluent, Sustainable development, Water and wastewater industry.

DOI: 10.22067/jwsd.v4i1.1.65197

مقدمه

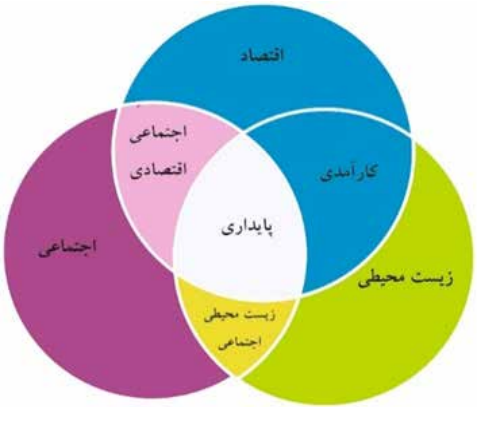
اقتصاد چرخشی (اقتصاد مدور)[1] یکی از مباحث جدید اقتصادی است که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از متخصصان قرار گرفته است. فلسفه‌ی وجودی اقتصاد چرخشی استفاده‌ی بهینه از منابع محدود، کاهش ضایعات و استفاده‌ی مجدد از آن‌ها در فرآیند تولید یا ساخت محصولات جانبی است. در واقع بر پایه‌ی ادبیات اقتصاد خطی در فرآیند تولید، هدف اصلی بنگاه‌های اقتصادی حداکثرسازی سود است، اما در اقتصادی چرخشی علاوه بر هدف فوق، مدیریت ضایعات نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. اقتصاد چرخشی منجر به افزایش ارزش افزوده و حاشیه‌ی سود، صرفه‌جویی هزینه‌ها، افزایش رقابت‌پذیری، کاهش آلودگی محیط‌زیست، ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و... می‌شود. برخی از کشورهای پیشرفته مانند آلمان، ژاپن، اتحادیه‌ی اروپا و به خصوص چین از دو دهه‌ی گذشته از طریق اقدامات قانونی و تشکیل نهادهای دولتی فعالیت‌هایی را در زمینه‌ی استقرار اقتصاد چرخشی در سطح ملی و بخشی انجام داده‌اند و به مزایای فراوان آن دست یافته‌اند.

توجه به اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب به دلیل مشخصه‌های ارتباط تنگاتنگ فرآیند عملیات با محیط زیست (چرخه‌ی کوچك آب)، محدودیت‌های منابع آبی پایدار، رشد جمعیت، ارتقای سطح عمومی بهداشت، کاهش کیفیت منابع آبی و زیست‌محیطی می‌تواند بسیار مورد توجه باشد. این موضوع از چهار منظر مدیریت مصرف آب، استفاده از لجن فاضلاب (ضایعات ارزش‌مند)، فرصت‌های از دست‌رفته‌ی اقتصادی و استفاده‌ی مجدد و نقش مخرب فاضلاب‌ها در تخریب و آلودگی محیط زیست در راستای توسعه‌ی پایدار قابل ملاحظه است.

در راستای حرکت به سوی توسعه‌ی پایدار، نقش و اهمیت فاضلاب از دیدگاه بهداشت عمومی، حفظ محیط زیست و مصارف مجدد مورد توجه می‌باشد. طی یک قرن گذشته با رشد جمعت و توسعه‌ی شهرها، رشد صنعتی و کشاورزی، آلودگی منابع آبی، موضوع فاضلاب اهمیت بیش‌تری پیدا کرده است، به طوری که سازمان ملل متحد دهه‌ی ۱۹۸۰ را "دهه‌ی بین‌المللی تأمین آب سالم و بهسازی" معرفی کرده است. عدم دفع صحیح فاضلاب‌ها سبب آلودگی محیط زیست، آلودگی منابع آبی، افزایش هزینه‌ی فرصت از دست رفته و گرفتگی منافذ خاک می‌شود. از طرف دیگر ورود مواد میکروبی، آلی و فلزی به طبیعت یا زنجیره‌ی ارزش غذایی انسان‌ها به دلیل عدم تصفیه‌ی کامل فاضلاب یک تهدید محسوب می‌شود. با این توضیحات توجه به مدیریت فاضلاب در مسیر توسعه‌ی پایدار به لحاظ زیست محیطی، اقتصادی (فرصت‌های از دست‌رفته‌ی اقتصادی و استفاده‌ی مجدد) و کارآمدی بسیار حایز اهمیت است که در این پژوهش به تفصیل ارائه خواهد شد. منطبق بر هدف پژوهش، مبانی نظری پژوهش از سه دیدگاه توسعه‌ی پایدار، اقتصاد چرخشی و استفاده‌ی مجدد از پساب فاضلاب قابل ملاحظه بوده که در ادامه به اختصار ارائه می‌شود.

توسعه‌ی پایدار[2]

بانک جهانی، توسعه را بسط طیف امکانات انسان‌ها، شامل دسترسی به حق اشتغال، درآمد، تحصیل، بهداشت و محیط زیست تعریف کرده است. توسعه‌ی پایدار دو اصل ناسازگار پایداری محیط زیست و توسعه‌ی اقتصادی را به یک دیگر پیوند می‌دهد و مستلزم همکاری دولت، سازمان‌های غیردولتی، مردم و نهادهای بین‌المللی است. دفتر محیط زیست سازمان ملل متحد[3]، توسعه‌ی پایدار را پیشرفت کیفیت زندگی انسان‌ها با توجه به حفظ ظرفیت‌های تأمین‌کننده‌ی حیات زمین تعریف کرده است. یعنی برآوردن نیازهای نسل کنونی بدون صدمه زدن به منابع زمین و بدون این که جلوی تأمین نیازهای نسل آینده گرفته شود. منطبق بر نظریه‌ی هارتویك، توسعه‌ی پایدار را می‌توان وضعیتی درنظر گرفت که در آن رفاه اجتماعی در طول زمان نزولی نباشد (ارباب، ۱۳۹۲) .توسعه‌ی پایدار شامل تمام جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی جامعه است و اصول آن بر چهار اصل به حداقل رساندن مصرف منابع طبیعی (مصرف بهینه)، پایدار ساختن مصرف منابع طبیعی تجدیدناپذیر، نگهداشتن حداقل ضایعات و آلودگی جهانی و تأمین نیازهای پایه‌ی انسانی و اجتماعی می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- ارتباط بین مؤلفه‌های توسعه‌ی پایدار

پیشینه‌ی توسعه‌ی پایدار مربوط به سال‌های پس از جنگ جهانی دوم در اروپا و ناهنجاری‌های زیست محیطی می‌باشد. در همین راستا اولین اجلاس بین‌المللی در زمینه‌ی محیط زیست در سال ۱۹۵۱ در استکهلم تشکیل شد. بعد از این اجلاس، حفظ محیط‌زیست در کنفرانس‌های پاریس (۱۹۶۸)، جنبه‌های اکولوژیکی توسعه و محیط انسانی (استکهلم، ۱۹۷۲) را می‌توان نتیجه‌ی رشد آگاهانه نسبت به مسایل جهانی محیط‌زیست دانست. متعاقب اجلاس استکهلم،

کنفرانس شورای جهانی کلیساها، خواستار حقوق جامعه‌ی پایدار شد و در سال ۱۹۷۴ اعلامیه‌ی کوکویوک[۴] که در آن توسعه‌ی بوم‌شناسانه مطرح شده بود، توسعه‌ی پایدار شکل رسمی به خود گرفت (کهن، ۱۳۷۶).

مجمع عمومی سازمان ملل متحد در سال ۱۹۸۳ کمیسیونی را با عنوان کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه[۵] به ریاست برانتلند[۶] نخست وزیر سوئد تشکیل داد. مؤلفه‌های جمعیت و توسعه، امنیت غذایی، انرژی، صنعت و چالش‌های شهری مهم‌ترین مسایل مورد شناسایی این کمیسیون بود. این گزارش مبنایی برای تهیه‌ی دستور کار ۲۱[۷] برای برگزاری کنفرانس ریودوژانیرو[۸] (اجلاس زمین) در سال ۱۹۹۲ شد. این اجلاس، طرح توسعه‌ی پایدار (دستور کار ۲۱) برای سال‌های پایانی قرن بیستم را مشخص کرد. از فرازهای مهم این اجلاس، تشکیل کمیسیون پایدار[۹] تحت نظر سازمان ملل با هدف ارتقای همکاری بین‌المللی و منطقی کردن ظرفیت تصمیم‌گیری بین دولت‌ها و اقدامات اجرای دستور کار ۲۱ بود. متعاقب این اجلاس در سال ۱۹۹۳ اولین نشست این کمیسیون برگزار شد.

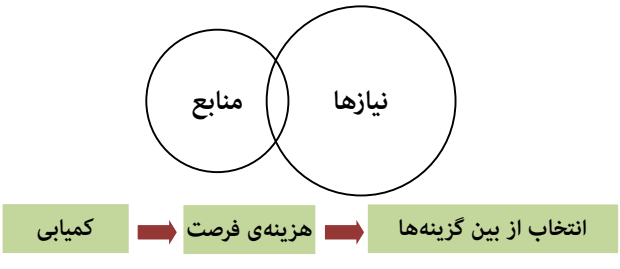
اقتصاد چرخشی

امروزه اقتصاد خطی (استخراج-ساخت-دورریز) به مقدار بسیار زیاد به مواد قابل دسترس، ارزان و انرژی وابستگی دارد. اقتصاد چرخشی، از نقطه نظر طراحی، مصارف مجدد و تجدیدپذیر مطرح است و هدف نهایی آن تأمین حفظ و نگهداری محصولات، مؤلفه‌ها و مواد در بالاترین سطح مطلوبیت و بهره‌وری می‌باشد. همان‌طور که بنیان‌گذاران اقتصاد چرخشی تصور می‌کردند، اقتصاد چرخشی، یک چرخه‌ی توسعه‌ای مثبت و مستمر است که سبب حفظ و ارتقای سرمایه‌های طبیعی، افزایش بازده‌ی منابع و هم‌چنین کاهش خطرهای سیستمی از طریق مدیریت محصولات و چرخه‌های تجدیدپذیر می‌شود که در هر مقیاسی به شکلی کارآمد و مؤثر عمل می‌کند.

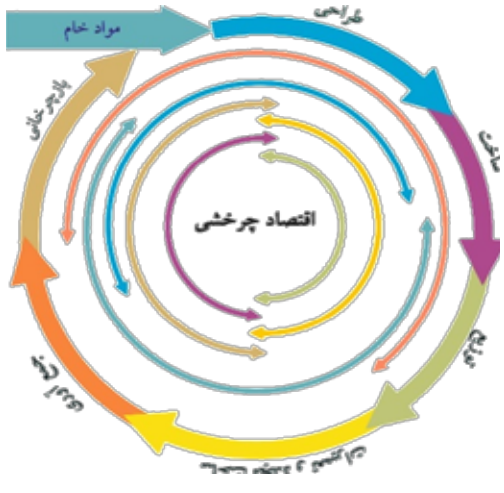
برخلاف اقتصاد خطی، اقتصاد چرخشی به حفظ محیط‌زیست از طریق افزایش سهم منابع تجدیدپذیر و یا قابل بازیافت همزمان با کاهش مصرف مواد خام و انرژی اهمیت می‌دهد. ایجاد اقتصاد چرخشی نیاز به تغییرات بنیادی در زنجیره‌ی ارزش از طراحی محصول و فرآیند تولید تا مدل‌های کسب و کار جدید و الگوهای مصرف دارد. اقتصاد چرخشی، بازیافت زباله‌ها را به منابع جدید تبدیل می‌کند و به افزایش طول عمر کالا و حفظ منابع طبیعی نیز کمک می‌کند (Murray و همکاران، ۲۰۱۵).

• اقتصاد چرخشی در مقابل اقتصاد خطی

اقتصاد خطی ریشه در خواسته‌ها، امکانات جوامع بشری و نیازهای انسان دارد. این مسئله‌ی اساسی به دو عامل نامحدود بودن نیازهای انسان‌ها و کمیابی منابع تولید بستگی دارد. بنابراین برای هر جامعه این مسئله‌ی مهم اقتصادی پیش می‌آید که چگونه می‌توان منابع کمیاب را برای ارضای خواسته‌هایی که با هم در رقابت‌اند، تخصیص داد؛ به طوری که حداکثر آن خواسته‌ها برآورد شود. طیف گسترده‌ی تئوری‌های اقتصاد، یکی از راه‌های موجود برای تخصیص بهینه‌ی منابع تولیدی کالاها و خدمات می‌باشند. در واقع اقتصاد با تولید اطلاعات بسیار مفید به عنوان یک ابزار در تصمیم‌گیری بهینه مورد استفاده‌ی مدیریت قرار می‌گیرد. هدف اقتصاد خطی و فرآیند زنجیره‌ی ارزش در شکل (۲) آمده است (سجادی‌فر و داودآبادی، ۱۳۹۵). این در حالی است که در اقتصاد چرخشی، علاوه بر بهینه‌یابی (نقطه‌ی مشترک اقتصاد چرخشی و خطی) در تمام زنجیره‌ی ارزش کالا یا ارائه‌ی خدمات، مدیریت ضایعات و استفاده از آن در ساخت مجدد و فرآیند تولید مورد توجه است (شکل ۳).



شکل ۲- تخصیص بهینه‌ی منابع کمیاب (بهینه‌یابی) در علم اقتصاد



شکل ۳- نمودار اقتصاد چرخشی

• اصول و مبانی اقتصاد چرخشی

اقتصاد چرخشی تأمین‌کننده‌ی مکانیسم‌های متعدد ایجاد ارزش است که با مصرف منابع محدود در تضاد است. در یک اقتصاد چرخشی، مصرف تنها در چرخه‌های زیستی مؤثر رخ می‌دهد و به این ترتیب بهره‌برداری جایگزین مصرف می‌شود. منابع یا در چرخه

زیستی، احیا و یا در چرخه‌ی صنعتی ذخیره می‌شوند. در چرخه‌ی زیستی، فرآیندهای زیستی بی‌نظمی‌های مواد را با دخالت و یا بدون دخالت انسان دوباره احیا می‌کنند. در چرخه‌ی صنعتی با مقدار مکفی انرژی موجود، دخالت انسان باعث احیای مواد و ایجاد دوباره نظم در زمان مقتضی می‌شود. تأمین و ارتقای سرمایه در این دو چرخه، دارای مشخصه‌های متفاوتی می‌باشند. اقتصاد چرخشی بر پایه‌ی سه اصل در ارتباط با منابع و چالش‌های سیستمی که اقتصاد صنعتی با آن مواجه است، استوار می‌باشند.

- **حفظ و افزایش سرمایه‌های طبیعی:** اقتصاد چرخشی هنگام نیاز به منابع، با انتخاب مناسب منابع و بکارگیری فن‌آوری و فرآیندهای تجدیدپذیر منجر به استفاده‌ی بهینه از آن‌ها می‌شود. اقتصاد چرخشی از طریق افزایش جریان مواد مغذی درون سیستمی و ایجاد شرایط مناسب برای بازیابی، سبب تقویت و افزایش کیفیت سرمایه‌های ملی (مانند زمین و آب) می‌شود.

- **بهینه‌سازی عملکرد منابع:** این اصل شامل سه مرحله‌ی تولید مجدد، بازسازی و بازیافت به منظور حفظ عناصر، مواد در چرخه و کمک به فرآیند اقتصاد چرخشی می‌باشد. اقتصاد چرخشی از حلقه‌های درونی و فشرده به منظور حفاظت و نگهداری انرژی و سایر عناصر با ارزش (سرمایه‌ی انسانی) استفاده می‌کند. این سیستم‌ها از طریق افزایش عمر مفید محصولات و استفاده‌ی بهینه، سرعت حلقه‌ی تولید محصول (فرآیند عملیات) را پایین نگه می‌دارد. این اشتراک‌گذاری به نوبه‌ی خود سبب افزایش بهره‌وری می‌شود. اقتصاد چرخشی، افزایش استفاده از مواد زیست‌بنیان بی‌مصرف، استخراج مواد بیوشیمیایی اولیه مغذی و تجزیه‌ی آن‌ها برای کاربردهای گوناگون را به دنبال دارد. در واقع اقتصاد چرخشی، ورودی‌های کم ارزش را به ستانده‌های با ارزش تبدیل می‌کنند.

- **افزایش اثربخشی سیستم:** این اصل شامل کاهش خسارت به منابع انسانی، از قبیل منابع غذایی، مهاجرت، سرپناه، تحصیلات، بهداشت، سرگرمی و مدیریت اثرات جانبی از قبیل استفاده از منابع ارضی، هوا، آب و آلودگی صوتی، انتشار مواد سمی و تغییر وضعیت اقلیمی می‌باشد (Ellen MacArthur Foundation and McKinsey Company، ۲۰۱۴).

• ویژگی‌های اقتصاد چرخشی

اصول حاکم بر اقتصاد چرخشی که به صورت کنشی عمل می‌کنند، ویژگی‌های بنیادین زیر را دارند:

- **حذف ضایعات:** هنگامی که عناصر (مواد) زیستی و صنعتی یک محصول با دقت و با در نظر گرفتن میزان سازگاری مناسب در یک چرخه‌ی زیستی یا صنعتی طراحی شوند، ضایعاتی وجود نخواهد داشت. مواد زیستی موادی غیرسمی بوده که به آسانی قابلیت تبدیل شدن به کود را دارند. مواد صنعتی، پلیمرها، آلیاژها و سایر ترکیبات مصنوعی نیز به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با صرف حداقل انرژی و حفظ بالاترین کیفیت، مجدداً مورد استفاده قرار بگیرند.

- **انعطاف‌پذیری از طریق متنوع‌سازی:** پیمانه‌ای بودن، تطبیق‌پذیری و قابلیت تغییر به ویژگی‌های ارزشی اطلاق می‌شود که نیاز مبرمی به اولویت‌بندی شدن در این دنیای به شدت در حال تغییر دارند. به دلیل حداکثرسازی ظرفیت و نیل به مطلوب‌ترین بازدهی، سیستم‌های متنوع دارای ارتباطات زیاد و با مقیاس‌های بزرگ در مواجه با شوک‌های خارجی نسبت به سیستم‌هایی که به آسانی برای اثربخشی ایجاد می‌شوند، انعطاف‌پذیری بیش‌تری دارند.

- **استفاده‌ی انرژی از منابع تجدیدپذیر:** سیستم‌ها در نهایت ناگزیرند که از منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده نمایند. دستیابی به آن از طریق کاهش آستانه‌ی سطوح انرژی مبتنی بر الزامات اقتصاد چرخشی صورت می‌گیرد. اگر چه سیستم تولید محصولات کشاورزی از انرژی خورشیدی استفاده می‌نمایند، اما مقدار قابل توجه‌ای از سوخت‌های فسیلی در کودهای شیمیایی، ماشین‌آلات کشاورزی و زنجیره‌ی تأمین به کار می‌رود. سیستم‌های غذایی و کشاورزی جامع‌تر از طریق بهینه‌سازی نهاده‌ها، مصرف سوخت فسیلی را کاهش داده و مقدار زیادی انرژی را از محصولات و کود کشاورزی به دست می‌آورد.

- **تفکر درون سیستمی:** در یک سیستم، چگونگی تأثیر اجزا بر یک‌دیگر و تأثیر متقابل سیستم بر اجزا تعیین‌کننده و بحث برانگیز است. اجزا در زمینه‌ی اجتماعی و محیط‌زیستی بررسی می‌شوند. تفکر درون سیستمی به طور معمول به اکثریت سیستم‌های پرقدرت مربوط می‌شود. این سیستم‌های غیرخطی، بازخوردی و بسیار به هم پیوسته‌اند. در این سیستم‌ها، شرایط مبهم آغازین با بازخوردها ترکیب شده و اغلب منجر به پیامدهای شگفت‌انگیزی می‌شود، نتایجی که خیلی اوقات با ورودی‌ها متناسب نیست. چنین سیستم‌هایی نمی‌توانند در راستای متعارف و خطی مدیریت شوند. برای تغییر پیامدها به انعطاف‌پذیری و انطباق بیش‌تری نیاز است.

- **تفکر آبشاری:** در مواد و کالاهای با ماهیت طبیعی، ایجاد ارزش افزوده و مصرف آن‌ها در یک کاربری، مانع از ایجاد ارزش افزوده در کاربری‌های دیگر می‌شود. در فرآیندهای زیستی، چه در فرآیندهای تخمیر کنترل شده یا طبیعی، کالا توسط میکرو ارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها تجزیه شده و انرژی و مواد مغذی از کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها آزاد می‌شود. برای نمونه، ارزش حاصل از تجزیه‌ی بیولوژیک چوب طی فرآیندهای کنترل شده و استحصال موادی مانند الکل و یا تولید الوار و سازه‌های چوبی به مراتب بیش از ارزش حاصل از سوزاندن آن است. بدیهی است با استحصال الکل از چوب، تولید الوار و سازه‌های چوبی فرصت سوزاندن آن از بین می‌رود و بر عکس (Ellen MacArthur Foundation and McKinsey Company، ۲۰۱۴).

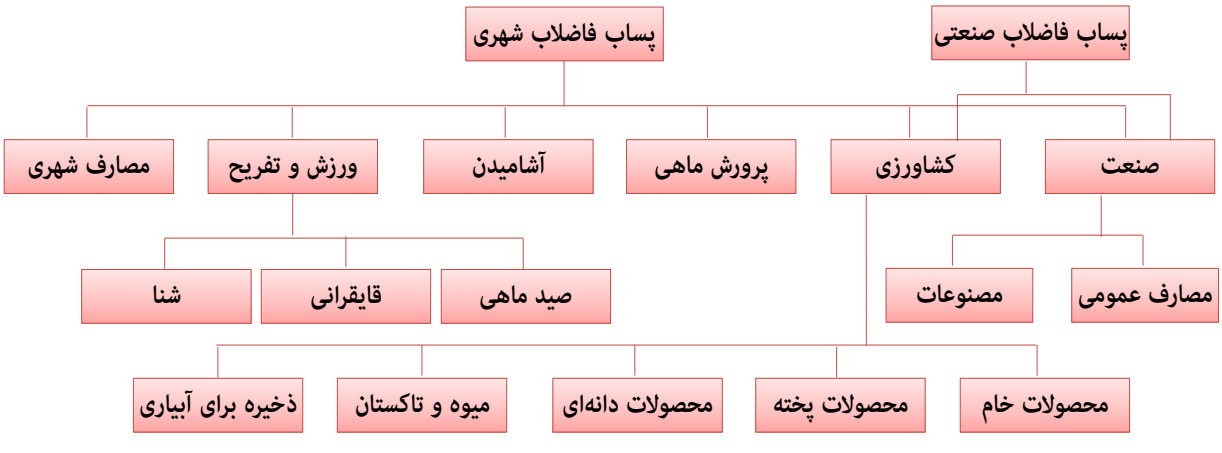
بازیابی و استفاده‌ی دوباره از فاضلاب

همچنان که گفته شد، افزونی جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز به کالاها و خدمات گوناگون، تقاضا برای آب را افزایش داده است، این در حالی است که حجم منابع آبی در حال کاهش است. در چنین شرایطی فاضلاب، به عنوان کالایی با ارزش بالا تلقی شده و می‌تواند بخشی از نیازهای آبی را پاسخگو باشد. پساب فاضلاب‌ها، منابع آبی پایدار و مطمئنی هستند که به راحتی و بدون صرف هزینه‌های زیاد در دسترس می‌باشند. سازمان بهداشت جهانی معتقد است که بازیافت فاضلاب در کشورهای کم‌تر توسعه یافته یا در حال توسعه که اغلب آن‌ها دارای جمعیت زیادی هستند و از محدودیت منابع آبی و کمبود پروتئین غذایی در رنج به سر می‌برند، دارای اهمیت بسیار زیادی است. در این کشورها پساب فاضلاب، بخش زیادی از نیازهای آب کشاورزی و تأمین پروتئین را می‌تواند مرتفع سازد. استفاده از پساب فاضلاب در موارد زیر متصور است:

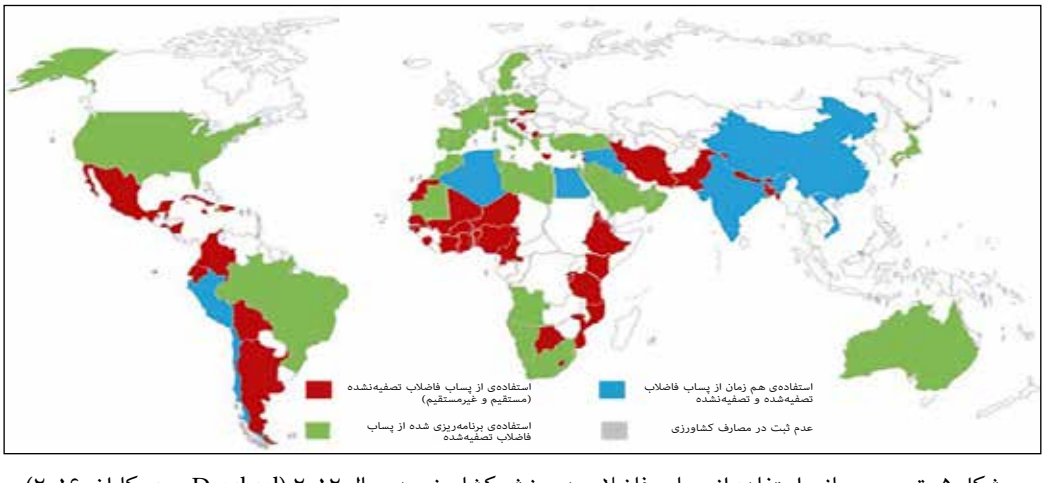
- آبیاری زمین‌های کشاورزی (محصولات خام یا پخته، غلات، میوه و چراگاه دام)
- مصارف شهری (توالت، نظافت، لباس‌شویی، فضای سبز و آتش‌نشانی)
- مصارف صنعتی (خنک‌کردن تأسیسات تولید برق، تولید بخار، آبکاری و صنایع فولاد)
- آبزی پروری (ماهی، میگو و خرچنگ)
- ورزش و تفریح‌های آبی (شنا، صید ماهی، قایق‌رانی و زمین‌های بازی گلف)
- تغذیه‌ی آبخوان‌های زیرزمینی
- آشامیدن

سازمان بهداشت جهانی مصارف بازیافت فاضلاب را منطبق بر شکل (۴) ارائه کرده است (WHO، ۱۹۸۹).

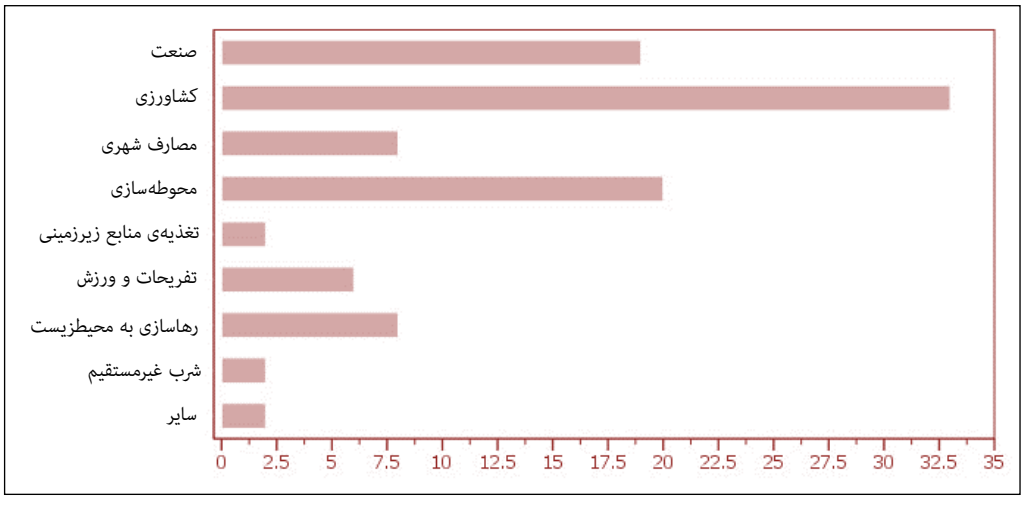
از میان مصارف گوناگون پساب فاضلاب، بیش‌ترین حجم پساب فاضلاب برای بخش کشاورزی (کشت انواع محصولات و آبیاری چراگاه دام‌ها) گزارش شده است (شکل‌های ۵ و ۶).



شکل ۴- مصارف فاضلاب تصفیه شده منطبق بر پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی (WHO، ۱۹۸۹)

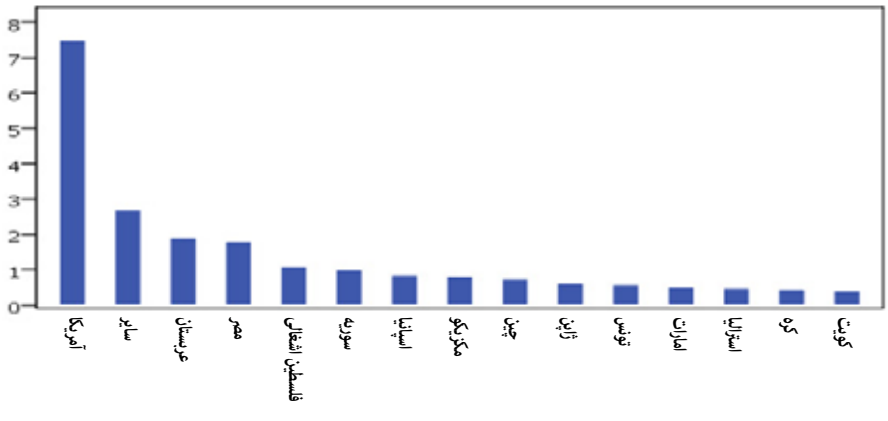


شکل ۵- تصویر جهانی استفاده از پساب فاضلاب در بخش کشاورزی در سال ۲۰۱۲ (Drechsel و همکاران، ۲۰۱۶)

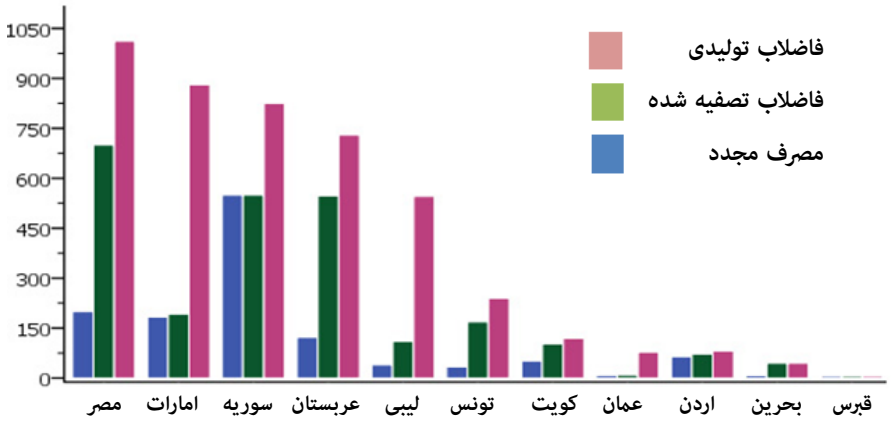


شکل ۶- بازیافت پساب فاضلاب تصفیه شده‌ی جهانی در بخش‌های مختلف در سال ۲۰۱۲ (ارقام درصد) Drechsel و همکاران، ۲۰۱۶)

استفاده از فاضلاب برای مصارف گوناگون سابقه‌ی زیادی دارد، ولی استفاده‌ی رسمی از پساب فاضلاب تصفیه شده به دهه‌های پایانی قرن ۱۸ و در شهرهای ایالات کالیفرنیا باز می‌گردد. مقایسه‌ی مصرف مجدد فاضلاب در برخی از کشورها در سال ۲۰۱۲ به ترتیب در شکل‌های (۷) و (۸) و جدول (۱) آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ایالات متحده‌ی آمریکا با مصرف ۷/۶۵ میلیارد گالن در روز بیش‌ترین مقدار بازیافت را دارد.



شکل ۷- مقایسه‌ی مصرف مجدد فاضلاب در برخی از کشورها در سال ۲۰۱۲ (ارقام میلیارد گالن در روز[۱۰]) (http://www.fao.org)



شکل ۸- مقایسه‌ی مصرف مجدد فاضلاب در برخی از کشورهای منا در سال ۲۰۱۲ (ارقام میلیون مترمکعب در سال)

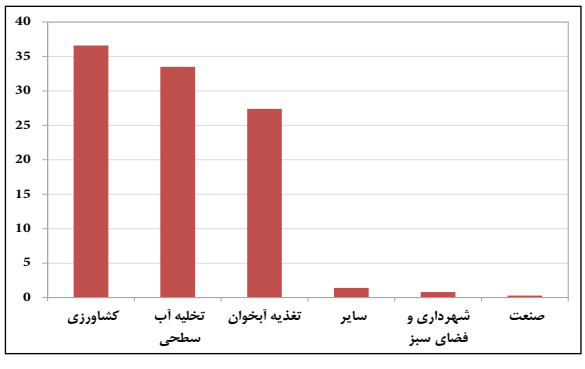
جدول ۱- مقایسه‌ی حجم استفاده‌ی مجدد از فاضلاب در کشورهای دریای مدیترانه در سال ۲۰۱۲ (Kellis و همکاران، ۲۰۱۳)

کشور	حجم استفاده‌ی مجدد از فاضلاب (هزار مترمکعب در روز)
اسپانیا	۱،۱۱۷
فرانسه	۱۹
مالتا	۱۱
ایتالیا	۱۲۳
یونان	۲۸
قبرس	۶۸
ترکیه	۱۳۶

منطبق بر گزارش‌های منتشره از سوی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در سال ۱۳۹۴ مجموع مصارف آب شهری ۴۴۱۵ میلیون مترمکعب بوده که معادل ۳۵ درصد آن (۱۵۳۷ میلیون مترمکعب) به عنوان مصارف فاضلاب جمع‌آوری و تصفیه شده است. در جدول (۲) و شکل (۹) مصارف مجدد فاضلاب تصفیه شده در سال ۱۳۹۴ ارائه شده است. بیش‌ترین حجم مصرف مجدد فاضلاب مربوط به کشاورزی بوده و بعد از آن تخلیه آب سطحی و تغذیه‌ی آبخوان قرار دارند. به رغم اهمیت و بازده‌ی بسیار زیاد آب در بخش صنعت، میزان تخصیص فاضلاب تصفیه شده به این بخش بسیار ناچیز است (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۹۵).

جدول ۲- مصارف مجدد فاضلاب شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سال ۱۳۹۴

عنوان	حجم (هزار مترمکعب)	فراوانی (درصد)
کشاورزی	۵۶۳،۱۸۲	۳۶/۶
تخلیه‌ی آب سطحی	۵۱۴،۳۲۴	۳۳/۵
تغذیه‌ی آبخوان	۴۲۱،۳۸۰	۲۷/۴
سایر	۲۱،۷۷۶	۱/۴
شهرداری و فضای سبز	۱۱،۷۳۸	۰/۸
صنعت	۴،۶۰۰	۰/۳
جمع	۱،۵۳۷،۰۰۰	۱۰۰



شکل ۹- مصارف مجدد فاضلاب شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سال ۱۳۹۴ (ارقام به درصد است)

ضرورت‌ها و الزامات (استفاده‌ی مجدد از پساب فاضلاب)

از نیمه‌ی دوم قرن نوزدهم به این سو از عامل‌هایی مانند افزایش جمعیت، رشد سریع شهرنشینی، تخلیه‌ی پساب‌ها و فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی به عنوان عامل‌های تقلیل و تخریب کیفیت آب یاد می‌شود. هدف‌های زیر می‌تواند در استفاده‌ی مجدد از فاضلاب از منظر اقتصاد چرخشی مد نظر قرار بگیرد:

۱. سازمان جهانی کشاورزی و خواروبار، محدودیت زمین و منابع آبی را دو عامل مهم در توسعه‌ی کشاورزی می‌دانند که کشور ما به لحاظ زمین محدودیت خاصی ندارد و محدودیت منابع آبی مهم‌ترین عامل در توسعه‌ی کشور محسوب می‌شود. بر مبنای گزارش‌های شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، برای نمونه در سال ۱۳۹۴ از ۴۴۱۵ میلیون مترمکعب پساب فاضلاب شهری تولید شده در حدود ۱۵۳۷ میلیون مترمکعب از آن تصفیه شده که این حجم فاضلاب تصفیه شده، می‌تواند نقش پررنگی در رشد اقتصادی بخش‌های کشاورزی و صنعت داشته باشد.

۲. سازمان ملل متحد دو عامل رشد جمعیت و نابودی و کمبود منابع آبی را مهم‌ترین مسایل روز جهان به خصوص در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه معرفی کرده است. در کشور ما به رغم رشد بالای جمعیت کشور (برای نمونه در سال ۱۳۹۴ در حدود ۱/۳ درصد) از یک سوی و کاهش منابع آبی از سویی دیگر (کاهش مصرف سرانه سالانه از ۵۵۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۴۰ به ۱۳۰۰ مترمکعب در افق ۱۴۰۰) نیاز بیش‌تری به محصولات کشاورزی، تولیدات صنعتی و مدیریت منابع آبی کشور احساس می‌شود. استفاده از پساب فاضلاب‌های تصفیه شده می‌تواند در این زمینه بسیار با اهمیت باشد (روابط عمومی و امور بین‌الملل شرکت آب و فاضلاب مهندسی کشور، ۱۳۸۹).

۳. یکی از راهکارهای کارآمد برای مقابله با بحران کمبود آب، استفاده از آب‌های نامتعارف است. نظر به این که پساب‌های فاضلاب کم‌تر تحت تأثیر خشکسالی قرار می‌گیرند، بنابراین پساب‌های فاضلاب

می‌تواند منبع قابل اطمینان و پایدار برای دوره‌های خشکسالی باشد.
۴. با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، در راستای اجرای تدابیری برای توسعه و بهره‌برداری از منابع آبی جدید به خصوص در بخش کشاورزی، استفاده از پساب، می‌تواند به عنوان منابع آب مورد توجه قرار گیرد. با این کار نه تنها بخشی از کمبود آب کشاورزی جبران می‌شود، بلکه از اثرات مخرب پساب‌ها و خسارات آن‌ها به منابع کشاورزی و محیط زیست نیز جلوگیری می‌شود.
۵. دسترسی سریع و بدون صرف هزینه به پساب فاضلاب از مشخصه‌های منحصر به فرد اقتصاد پساب فاضلاب است که این موضوع سبب منافع اقتصادی فراوانی از جمله ایجاد ارزش افزوده‌ی خالص می‌شود.
۶. استفاده از پساب‌های فاضلاب تصفیه شده سبب صرفه‌جویی در استفاده از منابع آبی و کودهای سنتزی می‌شود، زیرا پساب فاضلاب حاوی مواد آلی و معدنی متعددی است که پس از ورود به خاک به وسیله‌ی میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و سبب افزایش و تقویت خاک می‌گردد[11].
۷. آلودگی منابع آبی به مواد شیمیایی، آلی و فلزات سنگین به دلیل نفوذ فاضلاب و حذف آن‌ها در حد استانداردهای تعیین شده، مستلزم صرف سرمایه‌گذاری و تأسیسات فنی تخصصی (اسمز معکوس و سامانه‌های ممبران) بسیار زیادی است که امکان دارد از توان مالی و فنی واحدهای تأمین و توزیع آب و دولت‌ها خارج باشد.
۸. نظر به موقعیت جغرافیایی کشور یکی از شیوه‌های مبارزه با بیابان‌زایی و شن‌های روان پوشش گیاهانی مناسب مانند قره‌داغ، تاغ، آتریپلکس و ... است. در این زمینه، پساب فاضلاب حتی اگر دارای خصوصیات کیفی اندکی نیز باشد (تصفیه‌ی مقدماتی)، می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

آسیب‌شناسی (مشکلات فاضلاب در توسعه‌ی پایدار)

هر چند استفاده از پساب‌های فاضلاب در نگاه اول می‌تواند جایگزین مناسبی برای آب‌های متعارف باشد، اما انتقال مواد شیمیایی در خاک یا منابع آبی سبب آلودگی و کاهش کیفیت منابع آبی و خاک می‌شود. روی دیگر سکه این که جذب مواد شیمیایی، میکروبی و فلزات سنگین در عناصر محصولات کشاورزی آبیاری شده با پساب فاضلاب تهدیدی برای سلامت انسان‌ها محسوب می‌گردد. این دو موضوع از مهم‌ترین چالش‌های استفاده از پساب‌های فاضلاب است. بنابراین اولین موضوعی که در طرح‌های آبیاری با پساب فاضلاب یا مصارف صنعتی بایستی لحاظ شود، سطح کیفی پساب فاضلاب به لحاظ مواد شیمیایی است.
در زمینه‌ی استفاده‌ی مجدد از پساب فاضلاب استانداردهای متنوعی برای درصد مجاز مواد شیمیایی، آلی و فلزات توسط مراجع بین‌المللی و داخلی تهیه و تدوین شده است، امّا در بلندمدت ریسک آلودگی منابع آبی و خاک را می‌تواند به دنبال داشته باشد. با این حال استفاده از پساب فاضلاب‌هایی که در سطح کیفی استانداردهای جهانی و محلی قرار دارند نیز بایستی مطالعات جامعی در خصوص جذب مواد شیمیایی و آلی در گیاه و خاک با توجه به نوع محصول، نوع خاک منطقه، شرایط جغرافیایی و... انجام شود. برخی از آسیب‌های آلودگی محیط‌زیست، منابع آبی و محصولات زراعی به مواد شیمیایی و آلی فاضلاب به شرح زیر است:
• مطابق گزارش‌های نهادهای بین‌المللی، بیش از ۸۰ درصد از کل بیماری‌های کشورهای کم توسعه مربوط به آب بوده (۱/۵ میلیارد بیماری) که بیش‌تر از طریق ورود فاضلاب‌ها به منابع آبی منتقل می‌شوند و در حدود یک سوم از تخت‌های بیمارستانی ناشی از بیماری‌های مرتبط به آن می‌باشد (Wyatt، ۲۰۱۰).
• عدم حذف مواد شیمیایی و آلی آب به دلیل آلودگی با فاضلاب می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر بیندازد. مصرف محصولات کشاورزی آلوده به مواد شیمیایی سبب کاهش برخی از مواد مغذی و دفاع ایمنی بدن، تأخیر رشد جنین، سوء تغذیه و شیوع انواع سرطان می‌شود (Turkdogan و همکاران، ۲۰۱۳). صرف‌نظر از زیان‌های اقتصادی ناشی از بیماری‌های آب، کاهش توان و ظرفیت تولید افراد، هزینه‌های تأمین و توزیع آب آشامیدنی سالم برای تمام جمعیت جهان در سال ۲۰۱۰ در حدود ۵۰ میلیارد دلار بوده است[12] (Wyatt، ۲۰۱۰).
• نیترات و سایر مواد شیمیای یک تهدید بالقوه برای سلامتی انسان‌ها (به خصوص نوزادان) است و سبب بیماری متهموگلوبین[13] (سندروم نوزاد کبود) می‌شود. این عارضه به خصوص اگر نوزاد از شیر خشک رقیق شده با آب آلوده به نیترات بالا تغذیه شده‌اند، بیش‌تر است. هم چنین مصرف مزمن مقادیر بالای نیترات سبب برخی از سرطان‌ها و نقایص جنینی می‌شود (علی‌زاده، ۱۳۸۹).
• آلودگی و کاهش منابع آبی مستلزم انتقال آب از سایر منابع و حوزه‌های آبی دوردست است که مستلزم وجود منابع مالی زیاد و احتمال وقوع منازعات اجتماعی می‌شود. از آن جایی که در صنعت آب و فاضلاب اجرای بیش‌تر طرح‌های سرمایه‌گذاری به لحاظ اقتصادی دارای بازدهی صعودی نسبت به مقیاس، مدت زمان طولانی بازگشت سرمایه و شرایط انحصار طبیعی هستند، بنابراین، امکان تأمین منابع سرمایه‌گذاری از محل منابع داخلی بنگاه‌های آب وجود ندارد و دولت‌ها بایستی در این خصوص سرمایه‌گذاری نمایند. این موضوع به لحاظ محدودیت منابع مالی بسیاری از دولت‌ها و تحمیل بار مالی این سرمایه‌گذاری‌ها بر مشترکان حایز اهمیت است.

شناسایی اقتصادی مصارف فاضلاب در اقتصاد ایران

رشد جمعیت و شهرنشینی، افزایش رشد اقتصادی و تغییر اقلیم منجر به عدم حفظ منابع موجود می‌گردد. برای کاهش فشار منابع طبیعی، انرژی و به ویژه آب، لازم است مدل اقتصاد چرخشی جایگزین مدل اقتصادی خطی گردد. اقتصاد چرخشی در مدیریت منابع آب چارچوب پویایی را ارائه می‌دهد که از طرفی انعطاف‌پذیری و تجدیدپذیری منابع آبی را برای آیندگان مهیا کرده و از طرفی دیگر، مکانیسم‌های اثربخش بهبود شرایط اقتصادی، زیست محیطی را برای جامعه فراهم کند. بر اساس مطالعات بنیاد الن مک آرتور، مجمع جهانی اقتصاد و شرکت مک کینزی[۱۴]، راه‌حل‌های اقتصاد چرخشی، نه تنها سبب کاهش ۱۷ الی ۲۴ درصدی مصرف مواد خام مورد نیاز اتحادیه‌ی اروپا شده، بلکه با افزایش GNP سبب ایجاد ۱/۴ الی ۲/۸ میلیون فرصت شغلی نیز شده است. اقتصاد چرخشی برای جوامع محلی، بستری را ایجاد می‌کند که از طریق آن دولت‌ها یا سازمان‌ها قادر به استفاده از فرصت‌های ایجاد شده برای سامان‌دهی به چرخه‌های معیوب محلی آب، مواد و انرژی تجدیدپذیر می‌باشند. اقتصاد چرخشی آب علاوه بر حفاظت منابع آبی، پل ارتباطی میان مواد و انرژی بوده که در شکل‌دهی به مفهوم اقتصاد چرخشی نقش حیاتی را ایفا می‌کند. با این رویکردها، نظام جهانی آب دارای نقشی اساسی در گذار جهان از مصرف خطی منابع به سمت استفاده‌ی چرخشی آن است. موفقیت در توسعه، مستلزم وجود یک اقتصاد چرخشی پویا در گرو تعامل و همکاری میان افراد، سازمان‌ها و تغییر در شیوه‌های سنتی ذخیره‌سازی آب می‌باشد (Veolia Group، ۲۰۱۵). به همین منظور، در این مطالعه سعی شده است که تأثیر اقتصاد چرخشی فاضلاب بر رشد اقتصادی کشور بررسی گردد. در ابتدا لازم است که ارزش اقتصادی یک متر مکعب آب در بخش‌های مختلف اقتصادی مشخص گردد. شیوه‌ی دستیابی به این هدف در زیر تشریح شده است:

نتایج یک پژوهش نشان می‌دهد که ارزش اقتصادی یک مترمکعب آب در صنایع تولید مواد شیمیایی معادل ۳۷۰۷۱ ریال می‌باشد (تهامی‌پور، ۱۳۹۶). نظر به این که صنایع شیمیایی در بخش صنعت دارای بیش‌ترین مصرف آب می‌باشد، در این نوشتار نیز ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت ۳۷۰۷۱ ریال در نظر گرفته شده است. بر اساس جستجوهای انجام شده مشخص گردید که تاکنون برای تعیین ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی و در سطح کلان کشور مطالعه‌ی علمی انجام نشده است. در این پژوهش برای مشخص کردن ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی از روش تقریبی استفاده شده که در ادامه ارائه می‌شود. در سال ۱۳۹۴ ارزش افزوده بخش کشاورزی ۱۶۵۸ هزار میلیارد ریال و مصرف آب این بخش ۷۴ میلیارد مترمکعب می‌باشد (مرکز آمار ایران و دفتر معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۴). بنابراین برای ایجاد ۲۲۴۱۱ ریال ارزش افزوده به یك مترمکعب آب نیاز است. از سویی، سهم مصرف آب از ایجاد ارزش افزوده بخش کشاورزی حدود ۱۴ درصد است. در این صورت هر مترمکعب آب ۳۱۴۵ ریال ارزش افزوده در بخش کشاورزی ایجاد می‌کند که با کمی اغماض می‌توان آن را ارزش اقتصادی آب در این بخش در نظر گرفت. برای محاسبه‌ی سهم پساب فاضلاب در ایجاد ارزش افزوده بخش‌های اقتصادی، ارزش اقتصادی یک مترمکعب آب در میزان پساب فاضلاب تخصیص داده شده‌ی آن بخش ضرب می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳- سهم پساب فاضلاب در افزایش ارزش افزوده بخش‌های اقتصادی کشور در سال ۱۳۹۴

عنوان	ارزش افزوده (میلیارد ریال)	سهم از ارزش افزوده (درصد)	واگذاری پساب (میلیون مترمکعب)	ارزش اقتصادی یك مترمکعب آب (ریال)	ارزش اقتصادی پساب (میلیارد ریال)	سهم پساب در ایجاد ارزش افزوده (درصد)
کشاورزی	۱,۶۵۸,۴۳۵	۱۴	۵۶۳	۳,۱۴۵	۱,۷۷۱	۰/۱۰۷
معدن	۷۰۸,۰۹۹	۶	-	-	-	-
صنعت	۱,۷۵۳,۲۶۶	۱۵	۵	۳۷,۰۷۱	۱۸۵	۰/۰۱۱
آب ، برق و گاز	۶۹۴,۰۳۴	۶	-	-	-	-
ساختمان	۴۲۲,۴۲۲	۴	-	-	-	-
خدمات	۶,۳۷۲,۷۶۱	۵۵	-	-	-	-
جمع	۱۱,۶۰۹,۰۱۷	۱۰۰	۵۶۸	-	۱,۹۵۶	۰/۰۱۷

همان‌طور که جدول (۳) نشان می‌دهد، سهم پساب در افزایش ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی و صنعت به ترتیب ۰/۱۰۷ و ۰/۰۱۱ درصد است. با توجه به این که ۳۴ میلیون مترمکعب از پساب فاضلاب به فضای سبز شهرداری‌ها و سایر بخش‌ها اختصاص داده شده و در این بخش‌ها ارزش اقتصادی آب در دسترس نمی‌باشد، لذا فقط می‌توان به هزینه‌ی فرصت عدم تولید آب در این بخش‌ها

اشاره نمود. در سال ۱۳۹۴ هزینه‌ی تمام شده‌ی یك مترمکعب آب در بخش شهری معادل ۸۷۰۵ ریال گزارش شده است، بنابراین هزینه‌ی فرصت عدم تولید آب در این بخش‌ها ۲۹۵ میلیارد ریال می‌باشد. در این صورت کل ارزش اقتصادی پساب فاضلاب ۲۲۵۱ میلیارد ریال (۰/۰۲ درصد از کل ارزش افزوده‌ی کشور) خواهد بود. همان‌طور که پیش‌تر عنوان شده از مجموع مصارف آب شهری کشور (۴۴۱۵ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۴) فقط در حدود ۳۵ درصد آن (۱۵۳۷ میلیون مترمکعب) جمع آوری، تصفیه و استفاده‌ی مجدد شده و ۳۷ درصد آن به بخش‌های کشاورزی، صنعت و سایر بخش‌های اقتصادی اختصاص داده شده که توانسته است ارزش افزوده کشور را

بحث و تحلیل

مطابق مطالبی که پیش‌تر پیرامون آن‌ها بحث شد، این نکته مهم این است که توجه به اقتصاد چرخشی می‌تواند تأثیر پررنگی در سطح ملی (اقتصاد کلان) و بخشی (مانند صنعت آب و فاضلاب) داشته باشد. نگاهی گذرا به عملکرد برخی مؤلفه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی کشورهایی که به اقتصاد چرخشی توجه داشته‌اند (انگلیس، چین و آلمان) گواه این موضوع است. از دیدگاه کلان، فاضلاب به عنوان یک عامل آلوده‌کننده‌ی محیط‌زیست و یک کالای جایگزین (بهینه‌یابی) نقد و بررسی می‌شود. از منظر آلوده‌کننده‌ی محیط‌زیست، فاضلاب‌های شهری و صنعتی بزرگ‌ترین عامل آلودگی زیست‌محیطی و منابع آبی هستند. این موضوع در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه که بیش‌تر آن‌ها فاقد سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌ی بهداشتی فاضلاب هستند، بیش‌تر خودنمایی می‌کند.

گزارش‌های نهادهای بین‌المللی نشان می‌دهد که بیش‌ترین مرگ و میر کودکان و بیماری‌های کشورهای فوق به دلیل عدم دفع بهداشتی فاضلاب و آلودگی منابع آبی است. این در حالی است که آب به عنوان جزئی از محیط‌زیست و عنصر ضروری برای هر الگوی توسعه جایگاه محوری و با اهمیتی در توسعه و به خصوص توسعه‌ی شهری، اقتصادی و اجتماعی دارد. نقش آب در توسعه از جنبه‌های زیر حایز اهمیت است:

۱. آب به عنوان یک نهاده‌ی تولید، نقش بسیار زیادی در تولید محصولات (کشاورزی، پتروشیمی و فولاد) دارد و دسترسی آسان به منابع آبی می‌تواند هزینه‌های تولید را به مقدار زیادی کاهش دهد.

۲. افزایش تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی به طوری که مازاد تولید بخش کشاورزی سبب انباشت سرمایه‌های ملی می‌شود.

۳. توسعه‌ی مراکز جمعیت شهری و روستایی مستلزم وجود منابع آبی است، در حالی که در بسیاری از کشورها، توسعه‌ی شهرها نقش به سزایی در رشد و توسعه‌ی کشورها دارند.

۴. شیوع بسیاری از بیماری‌هایی که از طریق آب آلوده انجام

حدود ۰/۰۲ درصد، به میزان ۲۲۵۱ ریال افزایش دهد. حال اگر ۲۸۷۸ میلیون مترمکعب آب تصفیه نشده، تصفیه می‌شد و ۳۷ درصد از آن به بخش های اقتصادی و ۶۳ درصد دیگر آن به محیط‌زیست اختصاص داده می‌شد در این صورت به ارزش افزوده‌ی کشور به میزان ۶۱۰۶ میلیارد ریال (۰/۰۵ درصد ارزش افزوده کل کشور) اضافه می‌شد.

نظر به این که ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت حدود ۷/۵ برابر بخش کشاورزی است، لازم است تا سیاست‌گذاران بخش آب در خصوص تخصیص فاضلاب به بخش‌های مختلف بازنگری کامل نموده و پساب را به بخش صنعت و یا سایر بخش‌های با بازده‌ی بیش‌تر تخصیص دهند.

می‌شود، تأثیر منفی بر رشد و توسعه در زمینه‌های گوناگون دارد و آسیب‌های اجتماعی و مالی بسیاری به همراه دارد.

۵. بحران‌های ناشی از کمبود آب، تأثیر منفی بر رشد اقتصادی دارند.

فاضلاب‌ها به عنوان عامل اصلی آلوده‌کننده‌ی زیست‌محیطی و منابع آبی، توسعه‌ی پایدار را محدود می‌کند. بنابراین در راستای توسعه‌ی پایدار دولت‌ها و واحدهای نهادی مرتبط به فاضلاب باید برنامه‌های راهبردی برای جمع‌آوری و تصفیه‌ی بهداشتی فاضلاب‌ها در سطح استانداردهای بین‌المللی و منطقه‌ای انجام بدهند.

روی دیگر سکه این که با توجه به محدودیت‌های منابع آبی در بسیاری از کشورها مانند ایران، استفاده‌ی مجدد از پساب فاضلاب می‌تواند بخش زیادی از کمبودهای آب در بخش صنعت و کشاورزی را مرتفع نماید. این رویکرد از دیدگاه اقتصاد چرخشی و توسعه بسیار حایز اهمیت است. توسعه‌ی صنعت و افزایش تولید محصولات کشاورزی از مهم‌ترین عامل‌های رشد و توسعه محسوب می‌شوند. در حال حاضر، نظر به برخی از مشکلات، فاضلاب به عنوان کالایی با ارزش تلقی شده و می‌تواند بخشی از نیازهای آبی را در زمینه‌های گوناگون مرتفع نماید. در بخش صنعت پساب فاضلاب بیش‌تر برای خنک‌سازی تأسیسات و تجهیزات و تولید برق است. نیروگاه‌های تولید برق با سوخت فسیلی، صنایع فولادسازی و کاغذسازی بیش‌ترین متقاضیان پساب فاضلاب هستند. در کشور ما با توجه به فعالیت‌های گسترده‌ای که طی ۳ دهه‌ی گذشته انجام شده، استفاده از پساب فاضلاب در برخی از مناطق کشور در حال رواج است و نمونه‌ای از آن در صنایع فولادسازی اصفهان و نیروگاه تولید برق شهید مفتح قابل مشاهده است. استفاده‌ی مجدد از پساب فاضلاب در زمینه‌های گوناگون نقش زیادی در اقتصاد ملی (افزایش GDP) و بخشی (شرکت‌های آب و فاضلاب) دارد (جدول ۳).

نکته‌ی حایز اهمیت این که پساب فاضلاب ممکن است به دلیل پاره‌ای از شرایط محیطی، آب و هوا، فرهنگ جوامع، نوع مصارف آب و... دارای مواد شیمیایی، آلی و میکروبی باشد. بنابراین یکی از

نکات با اهمیت به لحاظ بهداشت کارکنان مزارع و واحدهای صنعتی و محصولات کشاورزی آبیاری شده با پساب فاضلاب، انتقال بیماری از طریق میکرو ارگانسیم‌های بیماری‌زا و تجمیع مواد آلی و فلزی در خاک و محصولات کشاورزی است (جدول ۴). در این زمینه سازمان بهداشت جهانی برای استفاده از پساب فاضلاب پیشنهادهایی را در فرآیند مختلف تصفیه پیشنهاد کرده است. رعایت این استانداردها می‌تواند سبب کاهش ریسک انتقال بیماری و مخاطرات تجمیع مواد آلی و شیمیایی در خاک، منابع آبی و محصولات کشاورزی شود. بنابراین اولین فعالیت قبل از برنامه‌ریزی استفاده از فاضلاب، انجام مطالعات طرح‌های آزمایشی در زمینه‌های تأثیر مواد آلی، شیمیایی و میکروبی بر محصولات کشاورزی، خاک، محیط‌زیست و سلامت نیروی انسانی است.

جدول ۴- مزایا و ریسک‌های استفاده از پساب فاضلاب در کشاورزی و صنعت در راستای توسعه

عنوان	شرح
مزایا	افزایش سطح کشت محصولات کشاورزی و در نتیجه افزایش تولیدات کشاورزی افزایش تولیدات صنعتی و رشد اقتصادی ایجاد فرصت‌های شغلی جدید ایجاد ارزش افزوده برای واحدهای نهادی عملیاتی آب و فاضلاب کاهش بهره‌برداری از منابع آبی و استفاده‌ی بهینه در سایر بخش‌ها صرفه‌جویی در استفاده از کودهای سنتزی و جلوگیری از آلودگی منفذ خاک و منابع آبی کاهش بهای تولید محصولات به دلیل حذف هزینه‌های استحصال و انتقال آب
مخاطرات	انتقال انواع بیماری‌های مرتبط با فاضلاب از طریق میکروارگانیسم‌ها تجمیع مواد آلی در محصولات کشاورزی و زنجیره‌ی غذایی آلودگی منابع آبی به انواع ویروس‌ها، باکتری‌ها، مواد آلی، شیمیایی و... از بین رفتن منافذ و کیفیت خاک

جمع‌بندی

امروزه در سطح منطقه‌ای و جهانی با توجه به افزایش تقاضای آب، محدودیت منابع آبی، رشد جمعیت و توسعه‌ی صنعت، آلودگی منابع آبی، تغییرات آب و هوایی، حفظ محیط‌زیست، بحران‌های آلودگی محیط‌زیست، ارتباط فاضلاب با شیوع بیماری‌ها و سایر عوامل، لزوم توجه به مدیریت فاضلاب‌ها و استفاده‌ی مجدد از پساب فاضلاب را در بستر اقتصاد چرخشی و مسیر توسعه‌ی پایدار بسیار حساس نموده است. با توجه به مطالبی که در این نوشتار ارائه شد، موارد رویکردهای اقتصاد چرخشی فاضلاب در توسعه‌ی پایدار را می‌توان به شرح زیر مد نظر قرار داد:

• چگونگی استفاده از منابع و به‌کارگیری امکانات و فرصت‌ها به گونه‌ای که ضمن برآوردن نیازهای انسانی و تأمین رفاه و سلامت آن‌ها بدون آسیب رساندن به دیگران و محیط‌زیست برای نسل‌های آینده، هدف آرمانی توسعه‌ی پایدار است. در مسیر حرکت به سوی توسعه‌ی پایدار، آب به عنوان بخشی از محیط‌زیست و عنصری برای توسعه نقش اثربخشی دارد. مدیریت صحیح فاضلاب‌ها و جلوگیری از آلودگی منابع آبی و زیست محیطی و همچنین استفاده‌ی مجدد از فاضلاب‌ها می‌تواند در توسعه‌ی کشورهایی که از کمبود آب رنج می‌برند، بسیار کارآمد باشد.

• توجه به اقتصاد چرخشی در مدیریت بخشی صنعت آب و فاضلاب، راه گشای برخی از مشکلات صنعت مانند بهبود و افزایش کارآمدی و ارزش افزوده، فقر نقدینگی، کمبود منابع مالی سرمایه‌گذاری و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌باشد.

• بر اساس محاسبات انجام شده و شناسایی سهم پساب فاضلاب در ایجاد ارزش افزوده‌ی بخش‌های اقتصادی کشور، با افزایش ظرفیت‌سازی سامانه‌های فاضلاب و برنامه‌ریزی راهبردی برای جذب منابع سرمایه‌ای، استفاده‌ی مجدد از فاضلاب‌ها سبب افزایش رشد اقتصادی قابل ملاحظه در بخش‌های کشاورزی و صنعت می‌شود.

• خدمات آب و فاضلاب فعالیتی اقتصادی است و با توجه به سرمایه‌بر بودن و نیاز به تأسیسات و تجهیزات بسیار زیاد، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در اقتصاد آب افزایش و بهبود کارآمدی سرمایه‌گذاری‌ها است. الزام به رعایت اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب، سبب افزایش و بهبود کارآمدی سرمایه‌گذاری‌ها می‌شود.

• با توجه این که شناسایی اقتصادی مصارف فاضلاب در اقتصاد ایران بر اساس شیوه‌ی تقریبی محاسبه شده است، لذا پیشنهاد می‌گردد تحقیقات جامعی در خصوص برآورد ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب در بخش‌های مختلف اقتصادی و به ویژه در کاربردهای محیط زیستی انجام شود.

پی‌نوشت

1- Circular Economy

2- Sustainable Development

3- United Nations Environment Programme (UNEP)

4- Cocoyoc

5- Eco Development

6- Brandtland

۷- برنامه‌ی کاری دستور ۲۱ (Agenda21) همان اقدامات لازم تمام کشورها برای هماهنگی بین تعداد جمعیت جهان و نیازهای آنان با منابع محدود زمین برای سال‌های پایانی قرن ۲۱ در راستای توسعه‌ی پایدار می‌باشد.

8- Rio de Janeiro

9- Commission Sustainable development(CSD)

۱۰- هر گالن معادل ۴/۸ لیتر است.

۱۱- کاربرد فاضلاب تصفیه شده طی سال ۱۹۶۳ در پنسیلوانیای ایالات متحده‌ی آمریکا، سبب افزایش ۱۳۵ درصد محصولات علوفه‌ای، افزایش ۱۹ تا ۳۰ درصدی نیتروژن دانه‌ی گندم، ۵۰ درصدی عملکرد ذرت دانه‌ای، ۱۰۳ تا ۱۳۶ درصدی عملکرد ذرت علوفه‌ای و ۱۷ تا ۵۱ درصدی عملکرد جو شده است.

۱۲- در تحقیقی که در سال ۲۰۱۰ در برخی از زمین‌های کشاورزی کویت که با پساب فاضلاب تصفیه شده آبیاری می‌شدند، جذب فلز کادیوم در حد مسمومیت بوده است (Al Enezi و همکاران، ۲۰۰۴).

13- Methemohglobin

14- Mckinsey

منابع

ارباب، ح.ر. ۱۳۹۲. اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی (ترجمه). نشر نی. تهران.

تهامی‌پور، م. ۱۳۹۶. ارزش اقتصادی، رویکردی برای مدیریت تقاضای آب در مصارف صنعتی، مطالعه‌ی موردی: صنایع تولید مواد شیمیایی. مجله‌ی آب و فاضلاب، ۱: ۷۴-۸۳.

دفتر معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۴. بودجه‌ی عملکرد شرکت‌های آب منطقه‌ای. تهران.

دفتر نظارت مالی، بودجه و مجامع. ۱۳۹۵. گزارش نتایج عمل (شرکت‌های آب و فاضلاب شهری)، روایت ۱۶. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.

روابط عمومی و امور بین‌الملل. ۱۳۸۹. شرکت‌های آب و فاضلاب در گام چهارم و پنجم توسعه. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.

سجادی‌فر، ح. و داودآبادی، م. ۱۳۹۵. اقتصاد آب شهری (کاربرد تئوری‌ها، نظریه‌ها و سیاست‌گذاری‌های اقتصادی در صنعت آب و فاضلاب). انتشارات نویسنده.

علی‌زاده، ز. ۱۳۸۹. نیترات و نیتریت در آب آشامیدنی. انتشارات محقق زنجان.

کهن، گوئل. ۱۳۷۶. شاخص شناسی در توسعه‌ی پایدار- توسعه‌ی اقتصادی و حساب‌های ملی در بستر سبز. مؤسسه‌ی مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی. تهران.

مرکز آمار ایران. http://www.amar.org.ir

Al Enezi G., Hamoda M. and Fawzi n. 2004. Heavy Metals Content of Municipal Wastewater and Sludges in Kuwait. Journal of Environmental Science and Health Part A 39(2):397-407.

Drechsel P., Qadir M. and Wichelns D. 2016. Wastewater Economic Asset in an Urbanizing World. Springer Dordrecht Heidelberg New York London.

Ellen MacArthur Foundation and McKinsey Company. 2014. Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-up Across Global Supply Chains.

Kellis M., Kalavrouziotis I.K. and Oikas P. 2013. Review of Wastewater Reuse in the Mediterranean Countries, Focusing on regulation and Policies Municipal and Industrial. University of Westem Greece.

Murray A., Skene K. and Haynes K. 2015. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. Journal of Business Ethics, Springer Science+Business Media Dordrecht .

Turkdogan M., Feviz K., Ilyas T. and Ismail U. 2013. Heavy Metals in Soil, Vegetables and Fruits in the Endemic Gastrointestinal Cancer Region of Turky. Toxicol. Phamacol, 13:175-179.

Veolia Group. 2015. Water at the Heart of the Circular Economy. www.veolia.com.

WHO. 1989. Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture. Geneva.

Wyatt A.S. 2010. Non-Revenue Water:Financial Model for Optimal Management in Developing Countries. RTI Press Publication.

http://www.fao.org