

## بررسی رد پای کربن در تأمین آب شرب شهر سپیدان

احمد حاجی نژاد<sup>۱</sup>، حسین یوسفی<sup>۱\*</sup>، امید بهمه<sup>۲</sup>

۱. استادیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۵/۲۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۸/۱۴)

### چکیده

آثار زیست محیطی انسان بر کره زمین در زمینه‌های مختلفی قابل بررسی است. یکی از زمینه‌هایی که اهمیت زیادی در کره زمین دارد، انتشار گاز دی‌اکسید کربن توسط انسان است. یکی از هزاران فعالیت بشر که به انتشار گاز دی‌اکسید کربن به محیط منجر می‌شود، فعالیت مربوط به تأمین آب مصرفی است. در این مقاله به بررسی حجم گاز دی‌اکسید کربن انتشار یافته ناشی از سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان پرداخته شده است. محدوده زمانی این پروژه یک سال بوده است. نتایج بررسی‌های این مطالعه نشان می‌دهد در شهر سپیدان از تعداد یک حلقه چاه با انرژی مصرفی ۸۱۳۱۸ کیلووات ساعت، یک چشمه با انرژی مصرفی ۱۰۲۲۳۴ کیلووات ساعت و ساختمان اداره آب و فاضلاب با انرژی مصرفی ۵۴۹۱ کیلووات ساعت، به ترتیب مقدار ۴۸۷۶۹-۱۰۶۷ و ۳۲۹۳ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در سال تولید می‌شود. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد به ازای تأمین یک مترمکعب آب شرب در شهر سپیدان حدود ۳۸ گرم دی‌اکسید کربن تولید می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد تأمین آب از چشمه در نقطه‌ای با ارتفاع بیشتر نسبت به همه مناطق شهر به دلیل توپوگرافی خاص شهر سپیدان، که به صورت پستی و بلندی‌های پرشیب است، نیاز به انرژی بسیار کمتری دارد و به دنبال آن آلودگی یا دی‌اکسید کربن کمتری منتشر می‌کند.

**کلیدواژه‌گان:** آب شرب، انرژی مصرفی، دی‌اکسید کربن.

## مقدمه

در سال‌های اخیر مسائلی مانند افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط زیست و جنگل‌زدایی به همراه کاهش ظرفیت زیستی کره زمین برای پاسخ‌گویی به نیازهای بشر از مهم‌ترین دغدغه‌های جهانی بوده است. گاز دی‌اکسید کربن به عنوان یک عامل مهم و مؤثر در گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، علت ۶۰ درصد گرم‌شدن جهان یا اثر گلخانه‌ای شناخته شده است. مهم‌ترین منبع انتشار این گاز سوخت‌های فسیلی مانند بنزین، نفت و گازوئیل است که برای تولید انرژی به‌خصوص در مناطق شهری به‌کار گرفته می‌شود. مصرف بیش از ظرفیت محیط این سوخت‌ها به بروز مشکلات زیست‌محیطی بی‌شماری منجر شده است [۱].

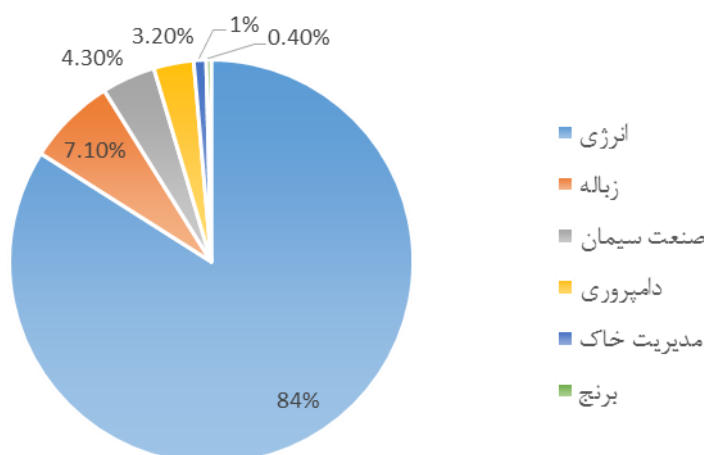
انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش‌های مختلف از جمله انرژی، زباله، دامپروری، کشاورزی و غیره رخ می‌دهد. سهم هر یک از بخش‌ها در انتشار گازهای گلخانه‌ای متفاوت است. شکل ۱ درصد سهم بخش‌های مختلف را در کل تولید

گازهای گلخانه‌ای در ایران نشان می‌دهد. در جدول ۱ میزان دی‌اکسید کربن معادل گازهای گلخانه‌ای به تفکیک بخش‌های مختلف در سال ۱۳۸۹ آورده شده است. بخش انرژی با سهم ۸۴ درصدی بیشترین تولید گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است. بعد از آن بخش‌های زباله، صنعت سیمان، دامپروری، مدیریت خاک و کاشت برنج در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند [۲].

در این مقاله به تشریح موضوع انتشار گاز کربن ناشی از فعالیت‌های مربوط به تأمین آب شرب شهری و محاسبه میزان کربن منتشرشده به ازای تأمین یک لیتر آب شرب در شهر سپیدان پرداخته‌ایم.

## تأمین آب شرب

آب آشامیدنی از نیازهای اساسی انسان است. امروزه، وجود منابع آب بیشتر در کشورها، یک امتیاز بزرگ برای توسعه و پیشرفت آن کشور محسوب می‌شود. حتی در عرصه سیاسی و



شکل ۱. کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران به تفکیک بخش‌ها

جدول ۱. کل نشر گازهای گلخانه‌ای در سال ۱۳۸۹ به تفکیک بخش‌ها (تن معادل دی‌اکسید کربن)

بخش تولیدکننده	میزان انتشار (تن معادل دی‌اکسید کربن)
انرژی	۵۴۲۰۴۲۲۰۵
زباله	۴۶۱۶۲۳۵۶/۲۵
صنعت سیمان	۲۸۰۱۷۶۵۲/۵
دامپروری	۲۱۱۲۱۸۸۴۴/۳۶
مدیریت خاک	۶۴۰۱۶۳۶
برنج	۲۶۷۶۷۰۵/۷۵
جمع	۶۴۶۴۲۲۳۹۹/۹

تصفیه آب و تحویل برای مصرف انسان ۶۰ تا ۶۰۰ کیلووات استفاده می‌شود. در نهایت، هزینه انرژی الکتریکی بستگی به ویژگی خاص منطقه دارد، خصوصیت منبع تأمین آب، تکنولوژی تصفیه، وسایلی که به وسیله آن آب به مصرف‌کننده منتقل می‌شود [۷].

در سیستم تأمین آب شرب، طی مراحل مختلف و در قسمت‌های مختلف مصرف انرژی صورت می‌گیرد. پمپاژ آب از چاه‌ها، ذخیره آب، تصفیه آب و پمپاژ و انتقال آب همگی به انرژی نیاز دارند. ایستگاه‌های پمپاژ در صنعت آب و فاضلاب به‌عنوان یکی از مراکز حیاتی و شریان اصلی انتقال آب از منابع تولید آب به شبکه‌های توزیع آب شهرها هستند [۸]. حدود ۲۰ درصد انرژی مصرفی کل را می‌توان به الکتروپمپ‌ها در ایستگاه‌های پمپاژ نسبت داد [۹].

#### مصرف حامل‌های انرژی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن

برای انجام هرگونه عملیاتی که مستلزم مصرف انرژی است باید به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم سوخت‌های حامل انرژی را بسوزانیم. به‌طور مثال، در بخش پمپاژ آب از چاه یا باید از موتورهای گازوئیلی استفاده کنیم یا دینام و یا کفکش‌های برقی را به‌کار بگیریم. درباره نوع نخست مشخص است که باید از سوخت گازوئیل استفاده کرد و در موارد بعدی برق استفاده می‌شود، اما خود این برق از نیروگاه‌هایی با مصرف سوخت‌های حامل انرژی تولید می‌شود که این نیروگاه‌ها انواع مختلفی دارد که هر یک از آنها در ازای تولید هر کیلووات ساعت برق میزان مشخصی دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند (شکل ۲) [۱۰]. بنابراین، در اصل هر مقدار مصرف برق به مصرف مقداری سوخت برای تولید آن نیاز دارد. افزایش مصرف سوخت فسیلی به میزان درخور توجهی سبب افزایش گازهای گلخانه‌ای خواهد شد [۱۱]. طی سال‌های ۱۹۵۹ تا ۲۰۱۱، ۸۷ درصد از کل تولید گاز دی‌اکسید کربن تولیدشده توسط انسان از سوختن سوخت‌های فسیلی استفاده‌شده در بخش‌های مختلف اقتصاد است. سوزاندن سوخت‌های فسیلی شامل زغال سنگ، گاز طبیعی و نفت می‌شود [۱۲].

انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی، به‌عنوان یکی از معضلات اساسی مطرح است. به منظور کنترل و کاهش انتشار آن، شناسایی عوامل اثرگذار کارکرد کلیدی دارد [۱۳].

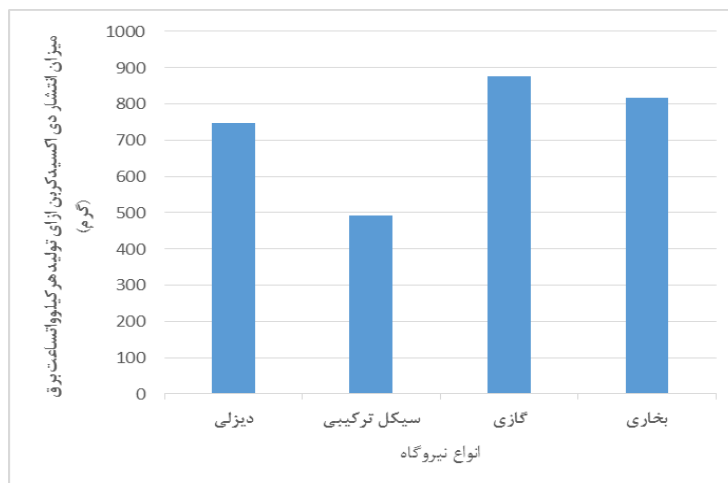
اجتماعی و تنازعات بین‌المللی، آب کارکرد بسیار بااهمیتی دارد [۳]. آب برای مصرف انسان از دو منبع اصلی می‌آید، آب از یک چاه برای ارائه به یک محل اقامت فردی، آب چاه برای مزرعه و ابنیه آن، و همچنین آب برای املاک و مستغلات کوچک که شامل مدارس، ساختمان‌های عمومی و شرکت‌های تجاری کوچک است. منبع دیگر شامل سیستم‌های آبرسانی شهری است که آب آشامیدنی را به مجموعه‌ای گسترده از ساختمان‌های تجاری و ساختمان‌های خانگی شامل آپارتمان‌ها، مسکن دوپلکس و خانه‌های تک‌خانواده ارائه می‌دهد [۴]. بخشی از آب در لایه‌های زمین است و بخشی دیگر در نهرها و رودخانه‌ها جاری است. می‌توان بر سر راه رودخانه‌ها سد بست و دریاچه‌ای مصنوعی به نام مخزن آب ایجاد کرد. می‌توان چاه کند و آب زیرزمینی را با تلمبه به سطح زمین آورد و یا می‌توان آب را مستقیم از رودخانه برداشت. سیستم تأمین آب، سامانه‌ای است متشکل از برخی اجزای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی که تأمین آب را میسر می‌سازد. یک شبکه تأمین آب معمولاً شامل حوضه آبریز، تجهیزات تصفیه آب، تجهیزات ذخیره آب، تجهیزات ایجاد فشار آب، شبکه لوله‌ها برای انتقال آب به مصرف‌کنندگان و اتصالات به مجاری فاضلاب است.

#### منابع تأمین آب

منابع اصلی آب به سه دسته تقسیم می‌شوند: آب‌های زیرزمینی شامل چاه، چشمه و قنات؛ آب‌های جوی شامل باران و برف؛ آب‌های سطحی شامل رودخانه، دریاچه، دریا و اقیانوس. به‌جز این، منابع آب غیرمتعارف نیز می‌تواند به عنوان یکی از منابع تأمین آب مطرح شود [۵].

#### مصرف انرژی در سیستم تأمین آب

رابطه بین آب و انرژی نزدیک است. آب نیاز به یک مقدار زیادی انرژی برای حرکت از یک مخزن یا چاه، از سراسر فرآیند تصفیه، و خروج به یک سیستم توزیع دارد. اغلب به انرژی مورد نیاز برای استفاده از سیستم آب و فاضلاب انرژی نهان گفته می‌شود [۶]. هر مترمکعب آب مصرفی برای مصرف شامل مقدار زیادی انرژی الکتریکی لازم برای حمل‌ونقل، تصفیه، توزیع، فرآیند فناوری داخلی مختلف سیستم آبرسانی است. محاسبات مختلف در سیستم تأمین آب نشان می‌دهد که برای یک هزار مترمکعب



شکل ۲. میزان انتشار دی اکسید کربن در انواع نیروگاه‌ها به ازای تولید هر کیلووات ساعت برق

$$V_{CO_2-gass} = 1/321e \times 0/454$$

که در این فرمول‌ها  $V_{CO_2-gass}$ ،  $V_{CO_2-oil}$ ،  $V_{CO_2-coal}$  به ترتیب حجم دی اکسید کربن منتشر شده ناشی از مصرف سوخت‌های زغال سنگ، نفت و گاز به واحد کیلوگرم و e انرژی مصرفی به واحد کیلووات بر ساعت است.

همچنین، در این تحقیق برای محاسبه میزان دی اکسید کربن منتشر شده ناشی از تأمین یک لیتر آب شرب در شهر سپیدان، حجم کل آب تولیدی در سال را به میزان انتشار دی اکسید کربن در سال تقسیم کرده‌ایم و عدد به دست آمده نشان می‌دهد که به ازای تأمین یک مترمکعب آب شرب در شهر سپیدان حدود ۰/۱۲ کیلوگرم دی اکسید کربن تولید می‌شود.

#### منطقه مطالعه شده

شهر سپیدان مرکز شهرستان سپیدان در شمال استان فارس است که با مساحتی حدود ۲۹۰ هزار هکتار در شمال غرب شیراز واقع شده است. این شهرستان در طول جغرافیایی ۵۱/۶۵ تا ۵۲/۶۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹/۸۰ تا ۳۰/۵۹ درجه شمالی واقع شده است. به دلیل دریافت بارش سالانه زیاد، در زمستان پربرف و در تابستان پرآب است. آمار درازمدت هواشناسی برای شهر سپیدان میزان بارش ۶۹۵/۳ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۴/۸ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. در کل، اقلیم شهرستان از نیمه خشک در شرق تا بسیار مرطوب در شمال غرب شهرستان متغیر است؛ اما عمدتاً اقلیم نیمه مرطوب و مرطوب حاکم است (شکل ۴) [۱۵].

به منظور تأمین آب شهرها باید مدیریت منابع آب حوضه‌های مجاور شهرها، یک مدیریت علمی و کارآمد باشد. به طور کلی، امروزه مهم‌ترین منبع آبی که در تأمین آب شرب شهرها استفاده می‌شود، رودخانه‌ها و چاه‌ها هستند. امروزه، با احداث بند و سد، روی مسیر رودخانه‌ها و جمع‌آوری آب آنها، مخازن نگهداری آب ایجاد می‌شود که با انجام عملیات تصفیه و آماده‌سازی، به شبکه آب شهری تزریق می‌شود. احداث چاه در مناطقی با سفره آب زیرزمینی قابل برداشت، امکان استخراج آب از زیر زمین و انتقال به شبکه شهر را فراهم می‌کند. در حال حاضر، تأمین آب شهر سپیدان با استفاده از آب چشمه و یک حلقه چاه تأمین می‌شود [۴].

#### روش تحقیق

در این پژوهش در مرحله نخست چگونگی تأمین آب شرب شهر سپیدان مشخص شده است. سپس، مصرف سوخت‌های حامل انرژی که سبب انتشار گاز دی اکسید کربن می‌شوند، در مراحل مختلف معلوم شده است. این عملیات با استفاده از نتیجه بررسی‌های انجام شده در ایالات متحده آمریکا در سال‌های ۱۹۹۸ تا ۱۹۹۹ صورت گرفته است (شکل ۳). این فرمول‌ها مشخص می‌کند که از مصرف سوخت نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی برای تولید یک کیلووات ساعت انرژی به ترتیب ۲/۰۹، ۱/۳۲۱ و ۱/۹۶۹ کیلوگرم دی اکسید کربن منتشر می‌شود [۱۴]. اگر بخواهیم این نتایج را به زبان ریاضی بیان کنیم به صورت زیر است:

$$V_{CO_2-coal} = 2/09e \times 0/454$$

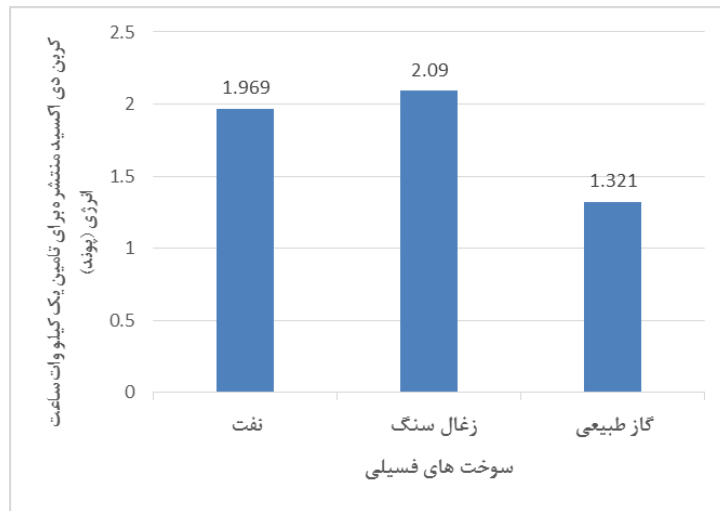
$$V_{CO_2-oil} = 1/969e \times 0/454$$

(کیلوگرم در سال) = ۵۳۱۲۹ حجم کل دی‌اکسید کربن منتشرشده در سال

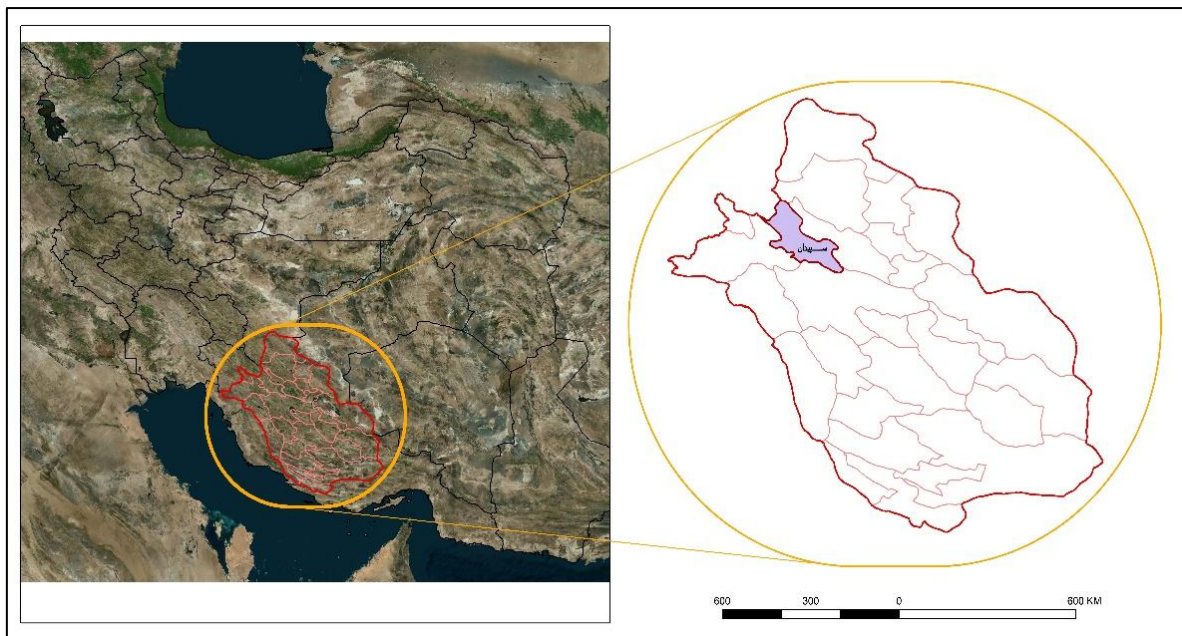
(مترمکعب در سال) = ۱۳۶۵۷۶۲ حجم کل تولید آب در سال

حجم کل دی‌اکسید کربن منتشرشده در سال / حجم کل تولید آب در سال = میزان دی‌اکسید کربن منتشرشده ناشی از تأمین یک مترمکعب آب

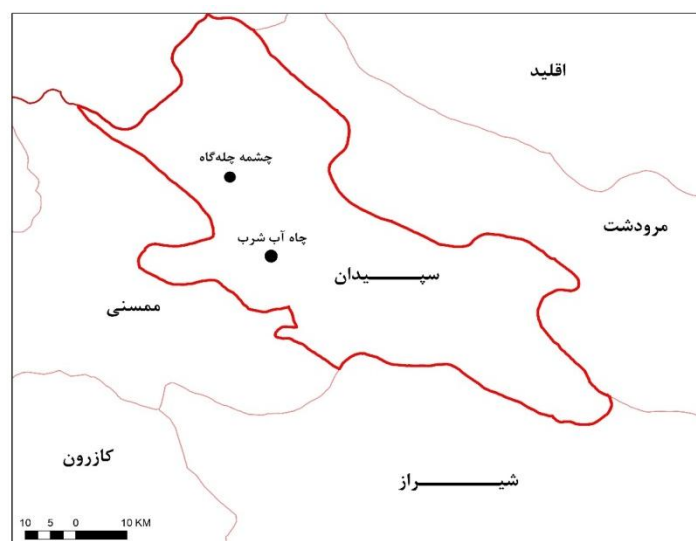
$$= \frac{۵۳۱۲۹ \text{ (کیلوگرم در سال)}}{۱۳۶۵۷۶۲ \text{ (مترمکعب در سال)}} = ۳۸ \text{ (گرم در مترمکعب)}$$



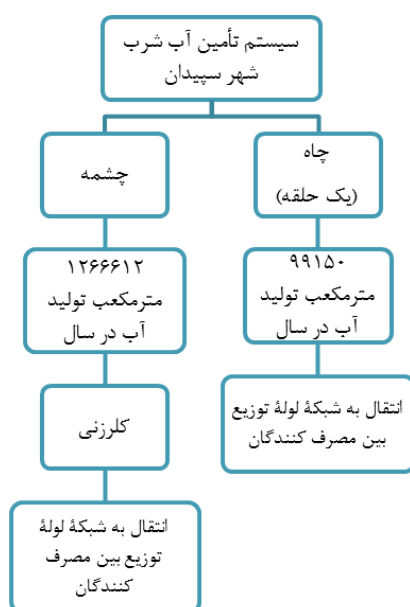
شکل ۳. میزان دی‌اکسید کربن منتشرشده از سوخت‌های مختلف برای تولید یک کیلووات ساعت انرژی (پوند)



شکل ۴. موقعیت شهرستان سپیدان در نقشه ایران



شکل ۵. موقعیت منابع تأمین آب شرب شهر سپیدان



شکل ۶. نمودار کلی سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان

جدول ۲ فرایندهای تأمین آب شرب، نوع و مقدار انرژی مصرفی و حجم دی‌اکسید کربن مربوط به آن را نشان می‌دهد. اطلاعات مربوط به تعداد چاه‌ها و ایستگاه‌ها و همچنین انرژی مصرفی آنها مربوط به جدیدترین آمار (سال ۱۳۹۵) است که از اداره کل آب و فاضلاب استان فارس گرفته شده است.

در شکل ۷ برای مقایسه راحت‌تر، میزان دی‌اکسید کربن منتشرشده از بخش‌های مختلف سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان را نشان داده‌ایم.

#### مشخصات سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان

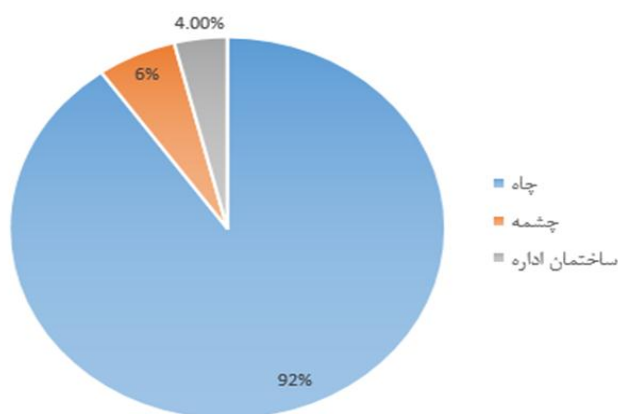
با توجه به اینکه شهرستان سپیدان در منطقه‌ای کوهستانی با آب و هوای مرطوب واقع شده است، طبیعی است که بیشتر آب شرب آن از چشمه‌های موجود تأمین می‌شود. شهر سپیدان حدود شش هزار مشترک مصرف آب دارد که آب آن از طریق یک چشمه که در محدوده چله‌گاه در قسمت شمالی این شهر قرار دارد و ارتفاع آن تا مرتفع‌ترین قسمت مسکونی شهر حدود ۴۰ متر است (۴۰ متر بلندتر از نقطه مد نظر است) و یک حلقه چاه تأمین آب که در نقطه‌ای در اطراف شهر واقع شده است تأمین می‌شود. در چشمه یادشده عملیات کلرزی صورت می‌گیرد. هیچ‌گونه ایستگاه تصفیه فاضلاب برای تأمین آب شرب در سیستم تأمین آب این شهر وجود ندارد. همچنین، در سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان برای انتقال و توزیع آب هیچ‌گونه ایستگاه پمپاژ و فشارشکنی وجود ندارد. موتورهای استفاده‌شده برای پمپاژ آب از چاه و انتقال آب به مناطق شهری همگی برقی هستند [۱۶]. بنابراین به دلیل آنکه برق استفاده‌شده از نیروگاه‌هایی با مصرف گاز طبیعی تولید می‌شود در فرمول‌های یادشده برای تبدیل انرژی مصرفی به حجم دی‌اکسید کربن منتشرشده از ضریب مربوط به گاز طبیعی استفاده کردیم. در شکل ۶ نمودار کلی سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان را نشان داده‌ایم.

انرژی زیادی نیاز دارد، اما تأمین آب از طریق چشمه به دلیل اینکه نیازی به پمپاژ آب از اعماق پایین تر نیست و از طرفی با توجه وضعیت توپوگرافیک شهر سپیدان که به صورت پستی و بلندی‌های شیب‌دار است و موقعیت چشمه که بر همه نقاط شهر اشراف دارد، مستلزم استفاده زیادی از انرژی نیست و صرفاً برای کلرزنی و پمپاژ آب در یک سطح کم‌مصرف، انرژی مورد نیاز است.

همان طور که در شکل ۷ مشخص است، بیشترین دی‌اکسید کربن منتشرشده از سیستم تأمین آب شرب مربوط به چاه آب و کمترین آن مربوط به چشمه است؛ به این علت که برای تأمین آب از طریق چاه نخست باید آب را از اعماق زمین پمپاژ کرد و به سطح زمین آورد و دوم اینکه این آب را از آن نقطه به نقطه‌ای که بر همه شهر مشرف باشد منتقل کرد که همه این موارد به مصرف

جدول ۲. مشخصات سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان

نوع فرایند	تعداد	نوع انرژی مصرفی	مقدار انرژی مصرفی	حجم دی‌اکسید کربن منتشرشده (کیلوگرم در سال)
چاه‌های تأمین آب	۱	برق	۸۱۳۱۸	۴۸۷۶۹
چشمه	۱	برق	۱۷۸۰	۱۰۶۷
ساختمان اداری آبفا	۱	برق	۵۴۹۱	۳۲۹۳



شکل ۷. سهم میزان دی‌اکسید کربن منتشرشده از بخش‌های مختلف سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان

پمپ‌هاست. حداقل‌سازی هزینه‌های بهره‌برداری هم زمان با تأمین آب با فشار مناسب و حفظ ذخیره روزانه مخازن هدف اصلی برنامه‌های زمان‌بندی پمپاژ تلقی می‌شود [۲۰]. در بسیاری از ایستگاه‌های پمپاژ دستور خاصی برای بهره‌برداری از پمپ‌های موجود وجود ندارد و متصدی ایستگاه طبق تجربه و نیازی که به او اعلام می‌شود، اقدام به روشن و خاموش کردن پمپ‌ها می‌کند. این روش سنتی هزینه‌های مازادی را به سیستم تحمیل می‌کند. بنابراین، علاوه بر طراحی صحیح ایستگاه‌های پمپاژ، بهره‌برداری از این ایستگاه‌ها نیز اهمیت زیادی دارد [۲۰]. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد سیستم‌های پمپاژ، چگونگی عملکرد پمپ‌هاست. از آنجا که راندمان هر پمپ در دبی‌های مختلف متغیر است، میزان انرژی مصرفی در واحد حجم آب پمپاژ شده در هر پمپ در دبی‌های مختلف پمپاژ

## بحث

مطالعات نشان می‌دهد با افزایش استفاده از انرژی، انتشار گاز دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد [۱۷]. بنابراین، ضروری است که برای کاهش مصرف انرژی و تولید دی‌اکسید کربن گام برداریم. چرا که محدودبودن منابع انرژی فسیلی ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدیدناپذیر را بر همگان روشن ساخته است [۱۸]. درضمن، انتشار دی‌اکسید کربن علت اصلی مسائل زیست‌محیطی و آب و هواست [۱۹]. در زمینه تأمین آب شرب لازم است بخش‌هایی که انرژی زیادی مصرف می‌کنند را شناسایی کنیم و برای کاهش مصرف انرژی در این بخش‌ها اقدامات لازم از جمله استفاده بهینه، جایگزینی و... را انجام دهیم.

قسمت درخور توجهی از هزینه‌های بهره‌برداری سالانه سیستم‌های تأمین و توزیع آب مربوط به بهره‌برداری از

مربوط به تأمین آب از چشمه با مصرف ۱۷۸۰ کیلووات ساعت انرژی و انتشار ۱۰۶۷ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در سال است که علت آن موقعیت چشمه نسبت به مناطق مسکونی است (چشمه در ارتفاع بالاتری قرار دارد) و عملکرد ذاتی چشمه‌ها در تأمین آب است (عدم نیاز به پمپاژ آب از اعماق). نتایج این تحقیق نشان داد در سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان به ازای تأمین یک مترمکعب آب حدود ۳۸ گرم دی‌اکسید کربن تولید می‌شود.

نکته بسیار مهمی که از نتایج محاسبات این مطالعه قابل درک است، مطلوبیت بسیار زیاد چشمه در تأمین آب شرب شهر سپیدان از نظر مصرف کمتر انرژی و تولید آلودگی کمتر است، چرا که در شهر سپیدان به علت توپوگرافی خاص آن که پستی و بلندی‌های زیادی دارد تأمین آب از طریق چاه یا ذخیره‌گاه‌های سطحی در مرحله توزیع به مصرف بسیار زیاد انرژی نیاز دارد، اما انتقال آب از چشمه یادشده به نقاط مختلف شهر از این نظر که در نقطه‌ای بالاتر از کل مناطق مسکونی شهر واقع شده است با انرژی بسیار کمتری صورت می‌گیرد. به طوری که اگر تأمین آب به جای چاه از چشمه‌ای دیگر با همین مشخصات صورت می‌گرفت این خود کاهش حدود ۸۰ هزار کیلووات ساعت انرژی و بیش از ۴۵ هزار کیلوگرم دی‌اکسید کربن در سال را به دنبال داشت.

#### منابع

- [1].Teimouri A, Salarandian F, Ziari K, Ecological footprint of carbon dioxide gas for fossil fuels in Shiraz, Journal of Geographical Research 2014, 29( 1): 193 - 204. [Persian]
- [2].Moradi A, Aminian M. The amount of greenhouse gas emissions in Iran in 2010. jurnal of science cultivation.2010; 3(1):55-59. [Persian]
- [3].Nouri S. Managing Supply of Drinking Water in Villages, Geographical Quarterly Journal, 2007;2:141-157. [Persian]
- [4].Harry E. Hickey, water supply systems and evaluation methods, volume i , Water Supply System Concepts , October 2008.
- [5].Mansouri H, Quantitative and qualitative assessment of water resources in order to supply drinking water to new cities. Case study of Kowsar city, the first regional conference of civil engineering, 2009,. [Persian]

متفاوت است و تا حد ممکن باید پمپ‌ها به گونه‌ای کار کنند که در حالت بیشترین راندمان خود فعال باشند [۲۱]. بهره‌وری انرژی می‌تواند با بهبود طراحی ایستگاه پمپ، طراحی سیستم، نصب درایورهای سرعت متغیر به پمپ‌ها و کارایی پمپ‌ها به دست آید. کاهش نشت سبب صرفه‌جویی در مصرف برق می‌شود [۲۲].

در انتخاب منبع آب برای تهیه آب مشروب در اجتماعات بزرگ، باید توجه داشت که در مرحله اول، باید از آبی استفاده کرد که برای رسیدن به محل تصفیه و توزیع به پمپاژ احتیاج نداشته باشد، بلکه با نیروی ثقل خود حرکت کند. علاوه بر آن، به هیچ‌گونه تصفیه‌ای نیاز نداشته باشد و بدون تغییر در کیفیت آن، بتواند به دست مصرف‌کننده برسد. اولویت بعدی، استفاده از آب‌هایی است که به تصفیه احتیاج ندارند ولی برای رسیدن به محل توزیع باید پمپاژ شوند. در صورتی که موارد قبلی در دسترس نبودند، برای آب مشروب می‌توان آب‌هایی را که به نوعی تصفیه ساده احتیاج دارند، ولی با نیروی وزن به محل تصفیه و توزیع می‌رسند، استفاده کرد و در مرحله آخر، آب‌هایی را می‌توان برای تهیه آب آشامیدنی استفاده کرد که در محل نیست، باید از طریق پمپاژ و یا هر وسیله دیگر از نقاط دوردست به مرکز تصفیه و توزیع منتقل کرد. تهیه آب مشروب از این‌گونه منابع، بسیار گران و پرهزینه است.

#### نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای محاسبه رد پای کربن در تأمین آب شرب شهر سپیدان منابع مختلف تأمین آب شرب این شهر مشخص شدند که شامل یک حلقه چاه و یک عدد چشمه بود. همچنین، نوع انرژی مصرفی هر یک از این منابع شناسایی شد و با توجه به حجم دی‌اکسید کربن منتشرشده از سوخت‌های مختلف (نفت، زغال سنگ، گاز طبیعی و...) که ضرایب متفاوتی دارند، میزان انرژی مصرفی و آلودگی به وجود آمده ناشی از منابع یادشده به طور مجزا به تفکیک محاسبه شد. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که بیشترین مصرف انرژی و به دنبال آن انتشار دی‌اکسید کربن در سیستم تأمین آب شرب شهر سپیدان مربوط به پمپاژ آب از چاه با مصرف ۸۱۳۱۸ کیلووات ساعت انرژی و انتشار ۴۸۷۶۹ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در سال است که عمدتاً به دلیل انرژی زیاد مورد نیاز برای پمپاژ آب از اعماق پایین به سطح زمین است. همچنین، کمترین مصرف انرژی و انتشار آلاینده



- [6]. Rachel Young, A Survey of Energy Use in Water Companies, American Council for an Energy-Efficient Economy, June 2015.
- [7]. Gheorghe constantin, The Optimization of Energy Consumption in Water Supply Systems, Acta Electrotehnica, 2005, 46( 4):191-194.
- [8]. Hasani sefat S.M, Ayin M, Energy and Water Management at Drinking Water Pumping Stations (Central Waterpump Station in Kerman), Second International Clean Energy Annual Conference, Kerman, International Center for Advanced Therapies and Environmental Science, 2012. [Persian]
- [9]. Shaqfat R, Mohammadzadeh Negharchi S, Saeifar S, Salavati M, Choosing a suitable pump to reduce energy consumption at pumping stations, National Conference on Water and Wastewater Engineering, Kerman, Industrial and Advanced Technology University, 2012. [Persian]
- [10]. Sadeghi H, Noori Shirzai M, Byabani Khameneh K. Role of electricity generation from renewable sources in reducing greenhouse gases: an econometric approach. Iran Energy Journal. 2014;17(3):23-38. [Persian]
- [11]. Helena M. RAMOS, Filipe VIEIRA, Dídía I. C. COVAS, Energy efficiency in a water supply system: Energy consumption and CO<sub>2</sub> emission, Water Science and Engineering, 2010, 3[3]: 331-340.
- [12]. Tekalegn Wolde. E, Mulugeta.W & Muhammed Hussien.M, Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth in Ethiopia, Global Journal of Management and Business Research: B Economics and Commerce, 2016, 16 ( 2): 0975-5853.
- [13]. Khalili Araghi M, Analysis of Analysis of CO<sub>2</sub> Emissions due energy consumption in Iran, Journal of Environmental Studies, 2011, 38 (61): 93-104. [Persian]
- [14]. Department of Energy Washington, DC 20585. Environmental Protection Agency (2000) Washington DC 20460. Carbon Dioxide Emissions from the Generation of Electric Power in the United States.
- [15]. Masoudi.M, Vahedi.M, Nematollahi.A and Fallah Shamsi.S.R, Comparison of the risk of land degradation in two semi-humid to semi-wet areas (Sepidan )and Dryland(lamerd) in Fars Province based on the proposed model of RALDE, Journal of Research Pasture and Desert of Iran, 2016, 22( 4): 802 - 820. [Persian]
- [16]. Water and Wastewater Department of Fars province.
- [17]. Banyasadi M, Investigating the causal relationship between the growth of the industrial sector and air pollution in the Iranian economy during the period of 1346-89, Environmental studies, 2012, 6( 11): 25 - 38. [Persian]
- [18]. Barimani.M, Kaabinejadian.A, Renewable Energy and Sustainable Development in Iran, Scientific and Research Papers on Renewable and New Energy, 2014 ,1 ( 1): 21-26. [Persian]
- [19]. Xu.B, Lin.B, Reducing carbon dioxide emissions in China's manufacturing industry: a dynamic vector autoregression approach, Journal of Cleaner Production, 2016, 131:594-606.
- [20]. Sami Kashkooli B, Bahrami M, Ansari jaberi M, Optimal Operation of Water Supply Pumping Stations Using the Association of Artificial Honey Bee Society (ABC) Algorithm, Water and Soil Conservation Research Journal, 2017, 23( 5):175-189. [Persian]
- [21]. Rajabpour R., Afshar H, 2008. Optimized operation of serial pump stations using PSO, 2017, 27[6]:3-14. [Persian]
- [22]. Feldman M. Aspects of energy efficiency in water supply systems in: Proceedings of the 5<sup>th</sup> IWA water loss reduction specialist conference. South Africa: 2009, 85-89.