

### تأثیر انرژی‌های تجدید پذیر بر کاهش بحران آب و انرژی

آمنه برهانی تخته جان، حسین محمدزاده

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم،

گروه زمین شناسی، مرکز تحقیقات آب های زیرزمینی (متآب)

۲- دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، مرکز تحقیقات آب های زیرزمینی (متآب)، گروه زمین

شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

1- Email: borhani.amene@gmail.com

2- mohammadzadeh@um.ac.ir

### چکیده

با پیشرفت تکنولوژی و افزایش جمعیت، آب و انرژی به دو مبحث از هم ناگسستنی تبدیل شده اند. امروزه به این مبحث پیوند آب و انرژی اطلاق می‌شود. برای تولید انرژی آب زیادی مصرف می‌شود و از طرفی ۸٪ درصد از انرژی تولیدی در سطح جهان صرف پمپاژ، تصفیه و انتقال آب می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر علاوه بر کاهش اثرات منفی استفاده از سوخت های فسیلی می‌توانند بخش بزرگی از نیاز به آب و انرژی را فراهم کنند. استفاده از این روش ها در روستا ها و مناطق دور افتاده به دلیل هزینه ی بالای انتقال اب و انرژی از اولویت بیشتری برخوردار است. در بین روش های مختلف استفاده از این انرژی های نو، انرژی فتوولتائیک بیشترین هماهنگی با تامین و کاهش مصرف آب را دارد. آب مصرفی این روش بسیار کمتر از سایر روش های تولید انرژی و حتی روش های حرارتی خورشیدی است. از طرفی کاربردی ترین روش برای شیرین سازی آب در سطح جهانی است.

کلمات کلیدی: مصرف، انرژی، آب، تجدیدپذیر.

### ۱. مقدمه

شاید در گذشته ای نه چندان دور، مسئله آب و انرژی دو مبحث کاملاً مجزا از یکدیگر بودند. اما با پیشرفت تکنولوژی و افزایش جمعیت، به دو مبحث از هم ناگسستنی تبدیل شده اند. امروزه به این مبحث پیوند آب و انرژی<sup>۱</sup> اطلاق می‌شود. این ارتباط تا حدی است که سیاست گذاری های جداگانه می تواند تأثیرات منفی بسیاری داشته باشد (Hussey & Jamie, 2012).

تولید و انتقال انرژی به خصوص در نیروگاه های برق آبی، حرارتی و هسته ای به آب فراوانی احتیاج دارد. در مقابل، در حدود ۸٪ از تولید جهانی انرژی برای پمپاژ، تصفیه و انتقال آب مصرف می شود. آب عامل مهم و تعیین کننده در تولید و انتقال انرژی به اشکال مختلف است. ۷۵٪ از آب مصرفی صنایع صرف تولید انرژی می شود. روش های تولید متداول انرژی (نیروگاه های حرارتی و هسته ای) برای خنک کننده به میزان قابل توجهی آب احتیاج دارند. به طوری که عدم دسترسی به آب و یا دمای بالای آب در خنک کننده ها موجب تعطیلی این نیروگاه ها می شود (UN-Water, 2014). آب پشت سد ها نیز منبع عمده ای برای تولید برق هیدرولیکی است؛ در نتیجه پایین رفتن آب سدها در کاهش برق تولیدی نقش دارد. مسئله تغییرات آب و هوایی به وجود آمده بر اثر پدیده ی گلخانه ای بر شدت بحران آب و انرژی افزوده است. وقوع زلزله های بسیار سرد و تابستان های بسیار گرم مصرف آب و انرژی را افزایش می دهد. به عنوان مثال وقوع یک موج گرما در

<sup>1</sup> Energy and water nexus

تابستان ۲۰۰۳، فرانسه را وادار به خرید انرژی از انگلستان کرد (Siddiqi & Anadon, 2011). زمستان بسیار سرد و تابستان بسیار گرم سال ۲۰۰۷ کشور های آسیای مرکزی را با بحران شدید آب و انرژی رو برو کرد (Libert, Orolbaev, & Steklov, 2008). بنابراین استفاده از انرژی های تجدیدپذیر علاوه بر کاهش شدت بحران با کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از سوخت های فسیلی بخش بزرگی از نیاز روزافزون به آب و انرژی را تامین کند. هدف این مقاله تشریح رابطه بین آب و انرژی در زمینه های مختلف و امکان استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در شاخه های مختلف این پیوند است.

### ۲. مصرف آب برای تولید انرژی

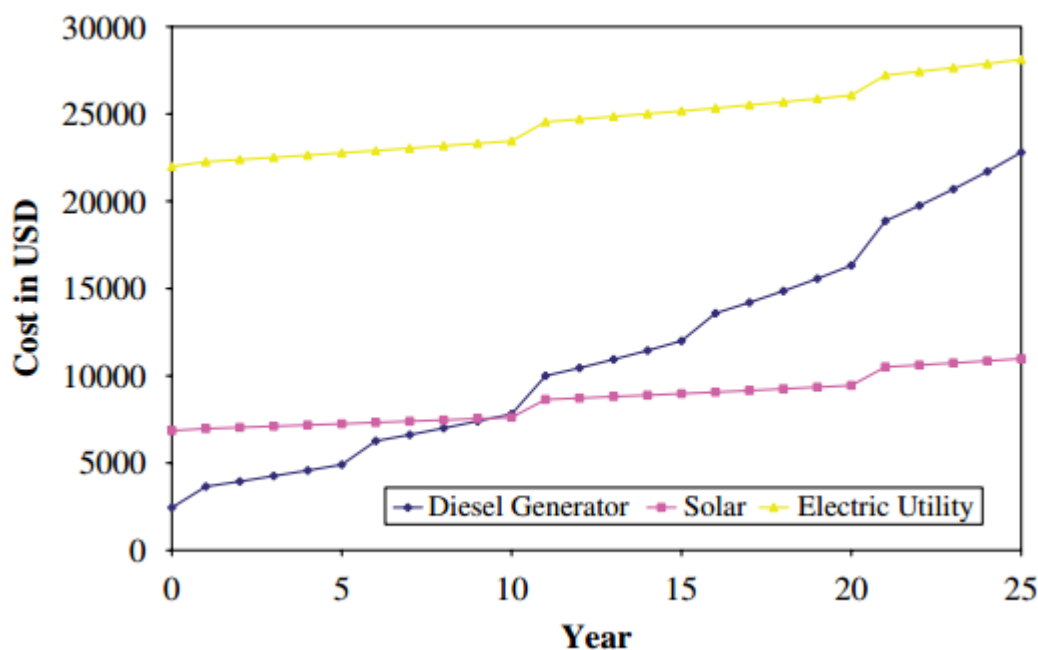
بسیاری از منابع انرژی اولیه نظیر زغال سنگ، اورانیوم، نفت، گاز طبیعی، زیست توده، تابش خورشیدی، باد و آب برای تولید انرژی برق مورد استفاده قرار می گیرند. منابع انرژی (شیمیایی، حرکتی، تابشی) به روش های مختلف به انرژی الکتریکی تبدیل می شوند. طبق اصل ترمودینامیک، انرژی نه به وجود می آید و نه از بین می رود و به الکتریسیته تبدیل می شود. اما در واقعیت این اصل کارایی ندارد و بخش بزرگی از انرژی به شکل حرارت تلف می شود. در روش های حرارتی که متداول ترین روش های تولید برق هستند، گرمای حاصل از سوخت ها برای به جوش آوردن آب مصرف می شود که بخار حاصل از آن با چرخاندن توربین ها برق تولید می کند. این بخار، متراکم شده و مجدداً به آب تبدیل می شود. تراکم بخار به وسیله خنک کننده صورت می گیرد که آب، هوا و یا هردو آن هاست. بازده سیستم تا حد زیادی به بازده سیستم خنک کننده وابسته است. علاوه بر این در استخراج و بهره برداری از منابع نفت، گاز و زغالسنگ به آب زیادی احتیاج است (Stillwell, King, Webber, Duncan, & Hardberger, 2009). علاوه بر استخراج برای تبدیل و فرآوری سوخت های فسیلی از حالت خام به حالت قابل استفاده در صنایع، به صورت های مختلف آب استفاده می شود. فرآیند زغال شویی یکی از فرآیند های فرآوری است که موجب کاهش سولفور موجود در زغالسنگ، کاهش آلودگی هوا و افزایش کیفیت زغالسنگ می شود (Yang & Yamazaki, 2013). برج های خنک کننده از نوع تر، یکی از اصلی ترین مصرف کنندگان آب در پالایشگاه های نفت، گاز و مجتمع های پتروشیمی جهت تولید سرمایش در فرآیند هستند (گوگل و زاروی، ۱۳۹۲). در صورتی که پساب حاصل از این فعالیت ها به خوبی مدیریت نشود، منابع عمده ای آب به خصوص آب های زیرزمینی را آلوده کرده و به صورت یک چرخه ی معیوب انرژی لازم برای انتقال و تصفیه آب را افزایش می دهد.

### ۳. مصرف انرژی برای تامین آب

تامین انرژی لازم برای پمپاژ، انتقال و شیرین سازی آب نقشی مهم در کاهش بحران آب دارد. با این حال اغلب مناطقی که دچار بحران آب هستند از پتانسیل بالای انرژی های تجدیدپذیر، به خصوص انرژی خورشیدی برخوردارند (Li, Goswami, & Stefanakos, 2013). حذف نمک، میکروب ها و سایر مواد شیمیایی و آلودگی ها از طریق نمک زدایی و روش های تصفیه آب به انرژی نیاز دارد. بنابراین قیمت انرژی در وسعت توانایی استفاده از منابع مختلف آب تاثیر گزار است. مصرف انرژی در حوزه ی آب به سه بخش عمده ی انتقال آب، پمپاژ آب های زیرزمینی و شیرین سازی آب تقسیم می شود (Gleick, 1994).

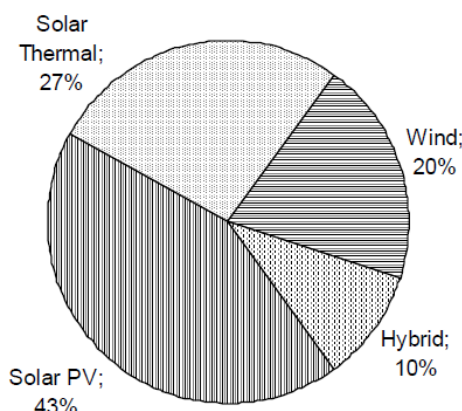
انتقال آب: برای توزیع آب در شبکه های آب رسانی انرژی صرف می شود. پراکندگی منابع آبی در موارد بسیاری با محل تقاضا متناسب نیست و انتقال آب از مناطق دور دست به انرژی نیاز دارد. در صورتی که بازده پمپ ۱۰٪ باشد برای انتقال  $100 \text{ m}^3$  آب به محلی با ۱۰۰ متر اختلاف ارتفاع به  $1/5 \text{ MW}$  انرژی نیاز است. در پروژه های بزرگ انتقال آب معمولاً برای بازیابی بخشی از انرژی مصرفی در قسمت های سرازیری که آب به وسیله انرژی گرانشی منتقل می شود از توربین های هیدرولیکی استفاده می شود (Gleick, 1994).

پمپاژ آب‌های زیرزمینی: بیش از نیمی از منابع آب ایران را آب‌های زیر زمینی تشکیل می‌دهد. ایران جزء ۱۰ کشور اول استفاده کننده از آب‌های زیرزمینی است (Vrba & van der Gun, 2004). بهره برداری جدی از آب‌های زیر زمینی از قرن بیستم با بهره برداری از سوخت‌های فسیلی و تکنولوژی ارزان حفاری و پمپاژ آب صورت گرفت. حدود استفاده از آبخوان‌ها به حدود زیست محیطی و اقتصادی وابسته است. سوخت ارزان باعث شده که منابع آب تجدیدناپذیر که طی صدها یا هزارها سال و حتی بیشتر در سفره‌ها ذخیره شده اند به شکل وسیعی مورد استفاده قرار بگیرند. در صورتی که بهره برداری از سفره‌های زیر زمینی متناسب با تغذیه سفره به وسیله‌ی آب‌های سطحی نباشد سطح آب به شدت پایین می‌رود که این امر باعث افزایش انرژی مورد نیاز پمپاژ می‌شود از طرفی کیفیت آب را نیز کاهش می‌دهد (Gleick, 1994). با افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و بارز شدن اثرات زیست محیطی آن‌ها در سال‌های اخیر استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر برای پمپاژ آب مورد توجه قرار گرفته است. سیستم بادی آبکش (پمپ بادی مکانیکی) ساده ترین و قدیمی ترین کاربرد انرژی‌های نو برای پمپ آب است. امروزه با رشد تکنولوژی می‌توان از توربین‌های بادی الکتریکی و سیستم‌های فتوولتائیک نیز برای پمپاژ آب استفاده کرد که نسبت به روش سنتی انعطاف و بازدهی بالاتری دارند (منفرد، ۱۳۹۱). مقایسه هزینه‌های پمپاژ آب به سه روش برق شبکه، سیستم دیزل و سیستم فتوولتائیک خورشیدی در مناطق دور افتاده برای پمپاژ آب نشان می‌دهد (شکل ۲) که هزینه‌های روش فتوولتائیک پایین تر است و با گذشت زمان از ثبات بالایی برخوردار است (Meah, Fletcher, & Ula, 2008).



شکل ۱: مقایسه هزینه‌های پمپاژ آب (بر حسب دلار آمریکا) به سه روش برق شبکه، موتور دیزل و سیستم فتوولتائیک (Meah, Fletcher, & Ula, 2008)

شیرین‌سازی آب: نمک‌زدایی آب یک فرآیند مهم برای پاسخگویی به تقاضای روز افزون برای آب شیرین است، اما به انرژی بسیار زیادی احتیاج دارد. حدود ۸/۷۸ میلیون تن نفت در سال برای تولید یک میلیون متر مکعب آب شیرین در روز استفاده می‌شود، که اهمیت منابع انرژی مناسب و جایگزین برای سیستم‌های آب شیرین‌کن را نشان می‌دهد (Li, Goswami, & Stefanakos, 2013). در بین روش‌های مختلف استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای شیرین‌سازی آب، انرژی خورشیدی به صورت فتوولتائیک، بیشترین کاربرد را دارد (شکل ۲) (Mathioulakis, Belessiotis, & Delyannis, 2007).



شکل ۲: درصد انرژی های تجدیدپذیر مختلف در شیرین سازی آب

### ۴. مصرف آب در انرژی های تجدیدپذیر

نیاز انواع مختلف انرژی های تجدیدپذیر به آب بسیار متفاوت است. نیروگاه های فتوولتائیک و بادی به میزان بسیار ناچیزی به آب نیاز دارند در مقابل نیروگاه های حرارتی خورشیدی ۵ برابر یک نیروگاه گازسوز و ۲ برابر یک نیروگاه زغال سنگ سوز به آب احتیاج دارند. استفاده از انرژی های تجدیدپذیر با کمترین مصرف آب یک گزینه قابل توجه برای کشورهای مواجه با کمبود آب است (UN-Water, 2014). در اغلب نواحی دچار کمبود آب شیرین آب های غیر متعارف همچون آب دریا، آب های شور زیرزمینی و فاضلاب ها وجود دارد که به دلیل انرژی بالا تصفیه مورد استفاده قرار نمی گیرند. استفاده از انرژی های تجدید پذیر همچون نیروگاه های فتوولتائیک در این مناطق علاوه بر تامین انرژی با کمترین فشار بر منابع آب، می تواند منبع پایداری برای تامین انرژی تصفیه و تولید آب باشند.

### ۵. انرژی های تجدیدپذیر و توسعه ی روستایی

در وضعیت کنونی، استفاده از این انرژی ها یک گزینه ی نجات دهنده برای روستاهاست. در اکثر مواقع انتقال آب و انرژی به روستاها از نظر اقتصادی به صرفه نیست و این موضوع باعث مهاجرت و متروکه شدن روستاها می شود. استفاده از این انرژی ها باعث تامین آب از طریق تصفیه و شیرین سازی آب های غیر متعارف می شود. انرژی مورد نیاز جمعیت های روستایی عمدتاً شامل انرژی حرارتی خصوصاً برای پخت و پز، تامین آب گرم، گرمایش، و انرژی برای فعالیت های تولیدی معیشتی مانند خشک کردن محصولات، پمپاژ آب، صنایع دستی، ماشین های کشاورزی، روشنایی عمومی، صنایع تبدیلی و مانند آن است (سرتیپی پور، ۱۳۹۰). اکثر روش های استفاده از انرژی های تجدیدپذیر برای مراقبت و نگه داری به نیروی متخصص احتیاج ندارند و با آموزش نیروهای محلی امکان بهره برداری از آنها وجود دارد.

### ۱۰. نتیجه گیری

در بین روش های مختلف استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، انرژی فتوولتائیک بیشترین هماهنگی با تامین و کاهش مصرف آب را دارد. آب مصرفی این روش بسیار کمتر از سایر روش های تولید انرژی و حتی روش های حرارتی خورشیدی است. از طرفی کاربردی ترین روش برای شیرین سازی آب در سطح جهانی می باشد. همچنین اغلب مناطق دچار بحران آب از پتانسیل تابش خورشیدی بالایی برخوردارند. هزینه های جاری بسیار کمی دارد و سالانه با افزایش قیمت سوخت های فسیلی و پیشرفت و افزایش تولید سلول های خورشیدی هزینه سرمایه گذاری آن کاهش می یابد.

### ۱۱. قدردانی

در صورت لزوم، بخش کوتاه تقدیر و تشکر می تواند قبل از ارائه فهرست مراجع ذکر گردد.



## ۱۲. مراجع

۱. سرتیپی پور، م. (۱۳۹۰). نقش و جایگاه انرژی های تجدیدپذیر در توسعه و عمران روستایی. *جغرافیا/فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران*, ۱۲۵-۱۴۸.
۲. گوگل، م. & زاروی، ا. (۱۳۹۲). استفاده مجدد از زیر آب برج های خنک کننده در مجتمع پتروشیمی رازی. *پژوهش نفت*, ۷۳, ۱۲۴-۱۳۳.
۳. منفرد، م. (۱۳۹۱). شناسایی فرصت ها و تدوین دستورالعمل های بهره برداری از منابع مختلف انرژی های تجدیدپذیر در صنعت آب و فاضلاب. مشهد: شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی

4. Gleick, P. H. (1994). WATER AND ENERGY . *Annu. Rev. Energy Environ*, 267-299.
5. Hussey, K., & Jamie, J. (2012). The Energy–Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future. *Ecology and Society*.
6. Li, C., Goswami, Y., & Stefanakos, E. (2013). Solar assisted seawater desalination: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (19), 136-163.
7. Libert, B., Orolbaev, E., & Steklov, Y. (2008). Water and Energy Crisis in Central Asia. *China and Eurasia Forum Quarterly*, 6(3), 9-20.
8. Mathioulakis, E., Belessiotis, V., & Delyannis, E. (2007). Desalination by using alternative energy: Review and state-of-the-art. *Desalination*, 346–365.
9. Meah, K., Fletcher, S., & Ula, S. (2008). Solar photovoltaic water pumping for remote locations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 472–487.
10. Siddiqi, A., & Anadon, L. D. (2011). The water–energy nexus in Middle East and North Africa. *Energy Policy*, 4529–4540.
11. Stillwell, A. S., King, C. W., Webber, M. E., Duncan, I. J., & Hardberger, A. (2009). *Energy-Water Nexus in Texas*. Austin: THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN | ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND.
12. UN-Water. (2014). World Water Day 2014 Advocacy Guide.
13. Vrba, J., & van der Gun, J. (2004). *The world's groundwater resources*. International Groundwater Resources Assessment Centre.
14. Yang, J., & Yamazaki, A. (2013). *Water and Energy Nexus*. Stanford: Stanford Woods Institute for the Environment and Bill Lane Center for the American West.