

ایده‌ها و کاربردهای نوین انرژی‌های تجدیدپذیر

کبری قرئلی^{۱*}، حسین بیات^۲، حامد پوریای ولی^۲، علی جمالی^۲، حامد حاجی زاده^۲
محمد حسن رنجبر^۲، نوید رشیدپور^۲، سورنا سعیدی^۲، شکبیا شفق^۲، آرمن طرقي^۲
علی عباس زاده^۲، علی عبدی^۳، بهنام علیزاده^۲، محمد علی محمدی^۲، مسعود یوسفی^۲

^۱استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران، تهران، ۱۴۳۹۹۵۵۹۶۱

^۲دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران

*مسئول مکاتبات: kgharali@ut.ac.ir

چکیده

واژگان کلیدی

انرژی‌های تجدیدپذیر
انرژی بادی
انرژی خورشیدی
توان اسمزی
ذخیره‌سازی انرژی

امروزه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان راه حلی مناسب برای جلوگیری از آلودگی‌های زیستی سوخت‌های فسیلی پذیرفته شده است. انرژی‌های تجدیدپذیر از تنوع فراوانی برخوردار هستند که تنها برخی از آنها میان محققان شناخته شده هستند. در این مقاله انواع متفاوتی از سایر انرژی‌های تجدیدپذیر، کاربردها، مزایا و معایب آنها بیان شده است که حاصل تحقیقات دانشجویان درس انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تهران می‌باشد. این موارد شامل استخراج انرژی باد با الهام از درختان، تبدیل چاه‌های نفت رها شده به نیروگاه زمین‌گرمایی، تولید انرژی از تخییر آب، نیروگاه مکش خورشیدی، توان اسمزی، ارائه روش‌هایی متفاوت برای ذخیره‌سازی انرژی گرمایی خورشید و در نهایت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در فرآیندهای شیرین‌سازی آب می‌باشد. کشور ایران در مقایسه با کشورهای پیشگام در این فناوری‌ها فاصله‌ی بسیاری دارد و با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان از انتشار گازهای گلخانه‌ای جلوگیری کرده و در مصرف آب که یکی از مصارف نیروگاه‌های گازی و زغال سنگی است صرفه‌جویی نموده و در حل مسئله‌ی آب‌گام‌های موثری طی نمود. از این رو مطالعه و سرمایه‌گذاری بر روی این مباحث از اهمیت قابل توجه‌ای برای محققان و سیاست‌گذاران حوزه‌ی انرژی می‌باشد. آموزش صحیح خصوصا در سطح کارشناسی، راه را برای این مهم هموار می‌نماید.

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۹/۰۶
تاریخ پذیرش ۱۳۹۷/۰۵/۰۱

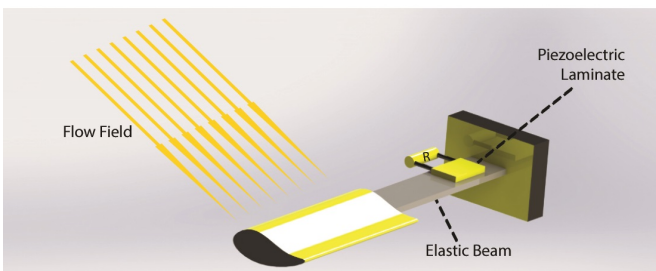
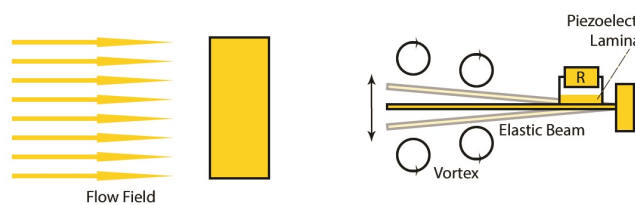
۱ مقدمه

برای تامین انرژی می‌باشد. این گونه از انرژی‌ها به صورت پایدار و در دسترس در نقاط مختلف زندگی انسان‌ها موجود است، آلودگی سوخت‌های فسیلی را نداشته و استفاده از آنها باعث اتمام این منابع نمی‌شود. از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان به انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی آبی، انرژی زیست توده (بیومس)، انرژی زمین گرمایی، انرژی جزر و مد و انرژی حاصل از موج‌ها را نام برد که منشا بسیاری از آنها انرژی حاصل از تابش خورشید بر کره‌ی زمین می‌باشد. اما برخلاف تصور عمومی، انرژی‌های تجدیدپذیر تنها به این موارد محدود نمی‌شود و پتانسیل‌های ارزشمند دیگری از این منابع موجود است که مطالعه و تمرکز بر روی آنها به منظور یافتن راهکارهایی ارزان‌تر، در دسترس‌تر و سریع‌تر امری ضروری و لازم می‌باشد. در این میان کشور ایران نیز دارای پتانسیل‌های فراوان انرژی‌های تجدیدپذیر است. به گزارش سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، ایران دارای ۶۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت اسمی بادی و متوسط تابش ۵/۵ - ۴/۵ یلووات ساعت بر متر مربع در روز می‌باشد. این درحالی است که بر اساس پایگاه داده‌های شاخص توسعه جهانی^۱ نرخ تولید گاز کربن دی اکسید در ایران از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۱۵ به میزان ۳۰٪ افزایش پیدا کرده است و در مقابل کشورهایی توسعه یافته و پیشگام در انرژی‌های تجدیدپذیر و با جمعیتی برابر ایران مانند آلمان این مقادیر را به میزان ۲۰٪ کاهش داده‌اند.

تامین انرژی همواره یکی از نیازهای مهم بشر در طول تاریخ بوده است. انسان‌ها در ابتدا با استفاده از گیاهان، حیوانات و حتی فرآورده‌های به دست آمده از آنها مانند روغن نهنگ برای تامین انرژی، روشن کردن آتش و تولید گرما استفاده می‌نمودند. این موارد معمولا دارای مشکلاتی نظیر انرژی اندک، عدم دسترسی آسان و محدود بودن در محیط اطراف زندگی انسان‌ها بودند. با گذشت زمان دریچه‌ای نوین به سوی جهان گشوده شد که شامل دست یافتن به منابع عظیمی از انرژی‌های فسیلی شامل نفت، گاز و زغال‌سنگ گردید. این منابع به عنوان گزینه‌ای مناسب برای تامین انرژی و همچنین مواد اولیه بسیاری از محصولات کاربردی مورد استفاده قرار گرفت. در اثر گذشت زمان و استفاده‌ی فراوان از منابع فسیلی و در ازای آن آلودگی‌های مخاطره‌انگیز این منابع و تاثیر مخرب بر دمای کره‌ی زمین این نیاز احساس شد که برای تامین انرژی باید به دنبال گزینه‌هایی پاک‌تر گام برداشت که از یک طرف به حفظ منابع فسیلی برای آیندگان در تولید مواد مصرفی منجر گردد و از طرفی دیگر از آلودگی‌های گرمایی گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوختن این منابع تا حد امکان جلوگیری شود. راه حل مناسبی که برای این معضلات ارائه شد، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان منبعی پایدار

¹The World Bank, www.worldbank.org

برخلاف توربینهای بادی نیازی به فضای زیاد برای جارو شدن توسط پره های چرخان توربین وجود ندارد، بنابراین مشکلات اصلی توربین باد از جمله مضرات محیط زیستی و آلودگی صوتی حذف می‌شوند. همچنین، اندازهی کوچک سازه، آن را برای مناطق شهری، که توربین های باد در آن غیر قابل استفاده اند، مناسب می‌سازد. حتی می‌توان از آن در کنار ساختمان‌ها و منازل برای تولید برق مصرفی آنها استفاده کرد. با اینکه این طرح در نگاه اول انرژی کمتری نسبت به توربین های بادی تولید می‌کند ولی ذکر این نکته ضروری است که ابعاد بزرگ سازه بررسی نشده و ممکن است در ابعادی هم اندازه با توربین های بادی حاضر، همان مقدار توان را با بازده بالاتر و در سرعت های باد پایین‌تر تولید کند [۴].



شکل ۱: شماتیک طرح استحصال انرژی از باد با الهام از درختان. الف) خیابان ورتکس ایجاد شده روی تیر الاستیک که باعث نوسان تیر می‌شود. ب) مدار پیزوالکتریک و لرزش القا شده حاصل از ورتکس‌ها [۵]

ایده کاربردی در این روش شامل یک تیر با پایه‌ی پیزوالکتریک است که به وسیله‌ی تحریک به وجود آمده، تشدید^۳ را در پایه ایجاد می‌کند. تغییر شکل تیر باعث ایجاد کرنش در ماده‌ی پیزوالکتریک می‌شود که به این وسیله برق تولید می‌شود و میتواند به عنوان جریان کمکی مورد استفاده قرار گیرد. در این قسمت یک ساختار انعطاف پذیر شامل تیر یا صفحه وجود دارد که با ورقه‌های پیزوالکتریک در ارتباط هستند. هنگامی که در یک میدان جریان قرار می‌گیرند، ساختمان پیزوالکتریک تحت دامنه‌ی نوسانات بزرگ تحریک می‌شود. برای فهم فیزیک مکانیزم طراحی شده، یک مدل ساده از ساختار کوپل شده‌ی سیال-سازه که به عنوان سیستم تیر یک سر درگیر و پاندول که توسط ناپایداری آیرودینامیکی به حرکت در می‌آید، بیان شده‌است. برگ چسبانده شده به سیستم به وسیله ورتکس‌های واداشته فشاری از طریق ممان و نیروی ایجاد شده ساقه پلی‌وینیلیدین فلورید^۴، به حرکت در می‌آید. در مطالعات پیشین دستگاه برای یکی از اشکال تحریک، آیرودینامیکی یا ارتعاشی طراحی و تنظیم شده‌است. در این طرح هر دو روش به صورت همزمان برای یک دستگاه در نظر گرفته می‌شود [۵].

همچنین با دقت در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر نسبت به کل انرژی مصرفی در کشورهای مانند دانمارک و آلمان و مقایسه‌ی آن با ایران می‌توان به عدم استفاده‌ی متناسب از فناوری‌های تجدیدپذیر را در ایران دریافت نمود. به عنوان مثال در سال ۲۰۱۵ کشورهای دانمارک و آلمان توانستند به ترتیب ۳۰٪ و ۱۵٪ از کل انرژی مصرفی خود را از منابع تجدیدپذیر به دست آورند و این در حالی است که ایران تنها در حدود یک درصد از انرژی مورد نیاز خود را از منبع تجدیدپذیر تامین می‌کند. مسئله‌ای دیگر که استفاده و جهت‌گیری به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر را توجیه می‌کند مسئله‌ی آب است. با دسترسی به داده‌های جهانی گلوبال چنج^۱ این حقیقت مشخص شد که هر مگاوات برق تولیدی از زغال سنگ و نیروگاه سیکل ترکیبی گازی به ترتیب نیاز به ۱۲۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ گالون آب دارد و این درحالی است که انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند بادی و خورشیدی) غالباً نیازی به مصرف آب ندارند. در این مقاله سعی شده است تا کاربردها، روش‌ها و انواع متفاوتی از انرژی‌های تجدیدپذیر که به آن‌ها کمتر پرداخته شده‌است، بیان شود تا از طرفی بتوان به گزینه‌های نوین برای جلوگیری از مصرف آب نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر رسید و از طرفی دیگر از انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند گاز کربن دی‌اکسید جلوگیری نمود. استخراج انرژی باد با الهام از درختان، تبدیل چاه‌های نفت رها شده به نیروگاه زمین‌گرمایی، تولید انرژی از تبخیر آب، نیروگاه مکش خورشیدی، توان اسمزی، ارائه روش‌هایی متفاوت برای ذخیره‌سازی انرژی گرمایی خورشید که چالشی اساسی برای عدم وجود این انرژی در هنگام شب می‌باشد و در نهایت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در فرآیندهای شیرین‌سازی آب، به عنوان مواردی نوین در مباحث انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح است که در ادامه به تفصیل بیان می‌شوند و می‌توانند به عنوان گزینه‌های مناسب برای حل معضلات بیان‌شده مورد استفاده قرار گیرند.

۲ مبدل انرژی باد با الهام از درختان

ارتعاشات یک روش جدید و قابل توجه برای استحصال انرژی باد است. زمانی که سیال از روی یک جسم عبور می‌کند، به طور نوسانی اقدام به ایجاد ورتکس در دو طرف جسم می‌نماید، که منجر به ایجاد یک خیابان ورتکس^۲ می‌گردد. (تصویر ۱، خیابان ورتکس روی ایرفویل را نشان می‌دهد). بعد از این پدیده نیروهای فشار نوسانی در راستای عمود بر جریان شکل می‌گیرند که می‌توانند سبب ایجاد نوسانات سازه‌ای شوند [۱]. بنابراین انتظار می‌رود که با جذب انرژی این نوسان مکانیکی بتوان از آن استفاده نمود. در روش استخراج انرژی باد با الهام از درختان، از انرژی باد برای تولید ورتکس‌ها و نوسانات در دو طرف جسمی شبیه به برگ درختان استفاده می‌شود که در نهایت منجر به تولید انرژی الکتریکی می‌شود [۲، ۳].

یکی از طراحی‌های بیان‌شده برای استفاده از این انرژی ارتعاشی، ایرفویلی نوسانی برای راه انداختن یک مدار پیزوالکتریک است. در این طرح از سازه‌ای مانند درخت استفاده شده که به جای برگ درختان، دارای پیزوالکتریک است و با وزش باد، مانند ارتعاش و نوسان برگ درختان، پیزوالکتریک‌ها شروع به نوسان می‌کنند و از آن انرژی الکتریکی حاصل می‌شود. در این طراحی

¹Global Change, www.globalchange.gov ²Vortex street ³Resonance ⁴PVDF, Polyvinylidene fluoride

۳ استفاده از چاه نفت رها شده در انرژی زمین گرمایی

چاه‌های نفت و گاز رها شده این پتانسیل را دارند که از آن‌ها به عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر استفاده شود. این چاه‌ها به علل مختلف نظیر عدم صرفه اقتصادی، پایان قرارداد بهره برداری از چاه و یا خشک شدن آن رها میشوند. این چاه‌ها باعث ایجاد مشکلات محیط زیستی نظیر انتشار گازهایی مانند متان می‌شوند که برای رفع آن باید به شیوه‌ای استاندارد آن‌ها را مسدود کرد که این کار نیز همراه با مشکلات و هزینه‌های اضافی می‌باشد.

یکی از راه‌های جایگزین، به جای مسدود کردن این چاه‌ها استفاده از آن‌ها به عنوان منبع انرژی زمین گرمایی است. از طرفی دیگر هزینه‌های اولیه تاسیس نیروگاه زمین گرمایی با توجه به مسئله حفاری زمین بالا می‌باشد که این ایده مطرح می‌شود که از مناطقی که قبلاً حفر شده‌اند و اکنون بدون استفاده مانده‌اند به عنوان منبع انرژی زمین گرمایی استفاده شود. چاه‌های نفت و گاز رها شده دقیقاً این ویژگی را دارا می‌باشند. با تبدیل چاه‌های نفت رها شده به عنوان منبع انرژی زمین گرمایی هم‌مزیت‌هایی مانند نسل جدید منابع زمین گرمایی با هزینه‌های کمتر و اقتصادی‌تر مهیا می‌شود که باعث کاهش ۵۰ درصدی در هزینه‌های اولیه می‌گردد [۶] و هم از مشکلات ناشی از وجود این چاه‌ها و هزینه‌های لازم برای مسدود کردن آن می‌توان رهایی یافت. مکانیزم عملکردی در این روش همان مکانیزم استخراج انرژی از روش زمین گرمایی است. در این روش آب در دمای پایین به اعماق زمین فرستاده شده و بعد از جذب انرژی لایه‌های زیرین زمین به سمت سطح زمین آمده و این چرخه مجدداً تکرار شده و از انتقال سیال عامل انرژی مورد نیاز استحصال می‌شود [۷]. موجود بودن داده‌های ترموفیزیکی این چاه‌ها، ما را به شناسایی چاه‌هایی که بیشترین دما در انتهای چاه و بیشترین انتقال حرارت قابل دستیابی را دارا می‌باشند، قادر می‌سازد [۸]. به علت اختلاف دمای پایین در ابتدا و انتهای چاه‌ها از سیکل باینری و سیال عامل ارگانیک برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود [۹]. در بیشتر موارد از مبدل‌های حرارتی دولوله‌ای که دارای ویژگی‌هایی نظیر بالا بودن سطح تبادل حرارت، تامین دبی بیشتر و مصرف انرژی پایین تر برای پمپاژ هستند استفاده می‌شود. توان تولیدی وابسته به دمای انتهای چاه است [۱۰-۱۲]. همچنین این فن‌آوری به طور کلی قادر به تولید ۲ تا ۳ مگاوات توان می‌باشد [۱۳]. مطابق نتایج، انرژی زمین گرمایی از چاه‌های نفتی که عمق کمتر از ۳۰۰۰ متر دارند به علت بازدهی پایین توان تولیدی برای بهره‌برداری مناسب نمی‌باشند [۱۴، ۱۵].

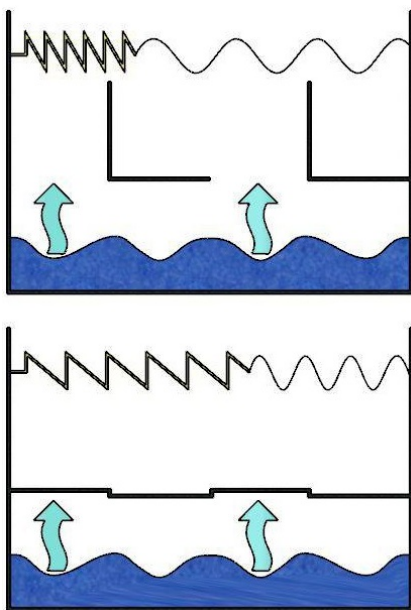
۴ تولید انرژی از تبخیر آب

تبخیر یکی از پدیده‌های طبیعی و از بزرگترین شکل‌های تبدیل انرژی در اتمسفر می‌باشد. با وجود پتانسیل بالای آن برای تولید انرژی، تا کنون تلاش‌های بسیار محدودی برای بهره‌برداری از آن صورت گرفته‌است.

یکی از موارد اینگونه تلاش‌ها، استفاده از مواد هوشمند محرک پاسخ‌دهنده^۱ می‌باشد. این مواد نسبت به تحریک شیمیایی خارجی پاسخ مکانیکی می‌دهند. دسته‌ای از این مواد، در اثر تغییر رطوبت نسبی دارای

قابلیت نوسان و تغییر شکل می‌باشند. یک دسته از این مواد، باکتری‌های باسیلوس^۲ هستند که در اثر تغییر رطوبت نسبی تا ۱۲٪ تغییر ابعاد را از خود نشان می‌دهند [۱۶]. برای بررسی توانایی این باکتری‌ها در تولید توان، از سیکلی شبیه سیکل‌های ترمودینامیکی استفاده می‌شود، به این شرح که با استفاده از میکروسکوپ‌های نوری اتمی^۳، میزان کار انجام‌یافته از طریق تغییر ابعاد این باکتری‌ها به ازای تغییر رطوبت مشخص، اندازه‌گیری می‌شود و از آن دانسیته‌ی انرژی باکتری‌های مختلف استخراج می‌گردد. نتایج نشان می‌دهند که باکتری‌های با طول پوسته بیشتر، مانند باکتری باسیلوس تورنجینسیس^۴، دانسیته انرژی بیشتری دارند. برای تولید توان از این باکتری‌ها، شیوه‌های مختلفی به کار گرفته شده‌اند. یکی از این روش‌ها استفاده از عضلات مصنوعی موسوم به هایدرا^۵ است. این عضلات مصنوعی در واقع نوارهای پلی‌امیدی به ضخامت ۸ میلی‌متر هستند که با لایه‌ای به ضخامت ۳ میلی‌متر از باکتری‌ها پوشانده شده‌اند. از کنار هم قرار دادن تعداد زیادی از این عضلات و تغییر رطوبت نسبی آن‌ها، می‌توان وزنه‌هایی را توسط این عضلات جابجا نمود [۱۷].

یکی دیگر از این روش‌ها استفاده از هایدراها برای تولید موتور نوسانی است. عملکرد این موتورها به گونه‌ای می‌باشد که خود رشته‌ها به عنوان یک عملگر و با کنترل باز و بسته‌شدن درب فضایی که رطوبت داخل محبوس می‌شود، (تصویر ۲) میزان رطوبت را بطور متناوب کم و زیاد می‌کنند و باعث ایجاد حرکت رفت و برگشتی می‌گردند [۱۷].



شکل ۲: موتور نوسانی و ایجاد اختلاف رطوبت نسبی [۱۷]

همچنین می‌توان این عضلات را در چینشی دایره‌ای حول محوری چیده و نیمی از آن‌ها در محیطی خشک و نیمی از آن‌ها در محیط مرطوب قرار داد. به انتهای این عضلات وزنه‌های کوچکی آویزان می‌شود که در اثر تفاوت طول عضلات در اثر اختلاف رطوبت، گشتاورهای متفاوتی حول محور اعمال می‌کنند که سبب چرخش حول محور می‌شود [۱۷].

روش دیگر مورد استفاده، ساخت ژنراتوری موسوم به سلول هایگرو ولتاییک^۶ است. در این روش با عبور دو جریان هوا با رطوبت‌های نسبی

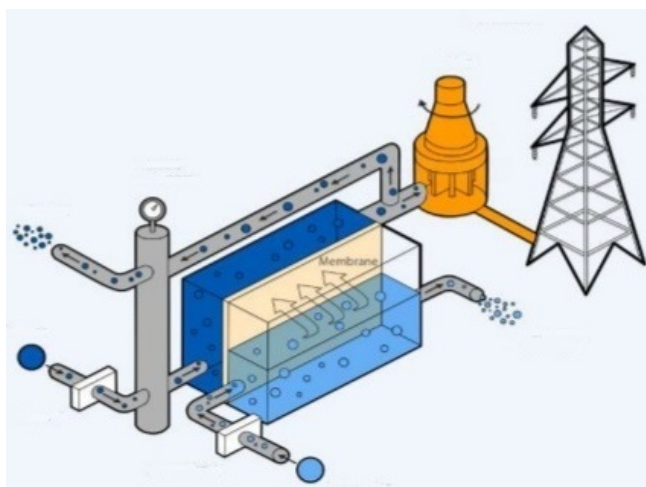
¹Stimuli-responsive ²Bacillus ³AFM ⁴Bacillus thuringiensis

⁵HYDRA ⁶Hygrovoltaic cell

برای تولید برق در ۲۴ ساعت شبانه روز استفاده از لوله های آب جهت ذخیره گرما و استفاده در شب (با توجه به نبودن نور خورشید) پیشنهاد شده است. در حال حاضر، به علت هزینه های اولیه بالا، ظرفیت و بازده پایین و در دسترس بودن سوخت های فسیلی، این نیروگاه برای تولید برق مورد استقبال واقع نیست. به هرحال، با توجه به نیاز روز افزون تولید برق و تجدیدنپذیر بودن سوخت های فسیلی، در مناطقی که دارای روزهای آفتابی زیاد باشند استفاده از نیروگاه های خورشیدی از جمله نیروگاه دودکش خورشیدی پیشنهاد می شود. نتایج مدلسازی ها نشان می دهد برای یک نیروگاه دودکش خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی به دودکش ۱۰۰۰ متری و مساحت کلکتور ۲۰ کیلومتر مربع احتیاج است [۲۲]. در حالیکه در همین مساحت با استفاده از سلول های خورشیدی ۱۷۳ وات بر متر مربع [۲۳]، می توان حدود ۳۵۰۰ مگاوات برق تولید کرد. به هرحال پیشرفت تکنولوژی و افزایش بازده می تواند این نیروگاه را مورد استقبال بازار جهانی قرار دهد.

۶ توان اسمزی

دانشمندان برای سال ها بر این باور بودند که اختلاط آب شیرین و شور در جایی که رودخانه ها به دریا یا اقیانوس های آب شور وصل می شوند، می تواند انرژی فراوانی را آزاد کند. یکی از راه های استفاده از این انرژی توان اسمزی می باشد. اسمزی همان عبور مولکول های حلال از غشای نیمه تراوا از سمت محلول رقیق به محلول غلیظ پایه میکانیزم توان اسمزی می باشد. آب شیرین و شور عبور کرده از فیلتر بوسیله ی یک غشای باریک در محفظه هایی از یکدیگر جدا می شوند [۲۴]. همچنین آب شور قبل از ورود تا ۱۲ الی ۱۴ بار فشارش افزایش میابد. در این محفظه ها آب شیرین از غشا عبور کرده به سمت آب شور می رود و فشار آن را افزایش می دهد. این آب پر فشار به دو قسمت مجزا تقسیم می شود که یک سوم آن جهت به گردش در آوردن یک توربین پلتون به منظور تولید برق استفاده می شود و بقیه آن به سمت یک تبادلگر فشار هدایت می شود تا فشار آب شور ورودی را افزایش دهد [۲۵]. (تصویر ۴)



شکل ۴: شماتیکی از تولید برق اسمزی [۲۵]

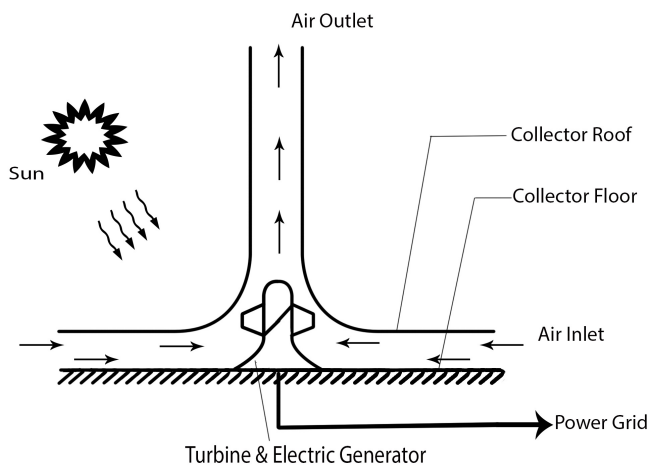
در مسیر توسعه و مطالعه ی توان اسمزی استاتاکرافت^۳ نقش اول را

¹Manzanares ²Jinshawan ³Statcraft

متفاوت، از بالا و پایین یک صفحه، سبب تغییر طول عضله می شویم. عضله خود به یک آهنربای دائم متصل است که داخل یک سیم پیچ قرار دارد. با عبور جریان هوای مرطوب، رطوبت عضله زیاد شده و به سمت محیط خشک حرکت می کند و سپس هوای خشک رطوبت نسبی آن را مجددا کاهش می دهد و طول آن نیز کاهش می یابد. این حرکات باعث تغییر مکان آهنربا داخل سیم پیچ شده و جریانی در سیم پیچ القا می کند [۱۸].

۵ نیروگاه مکشی خورشیدی

نیروگاه دودکش خورشیدی و یا برج مکشی خورشیدی یک نیروگاه تجدیدنپذیر تولید برق می باشد که با گرمای نور خورشید کار می کند. این نیروگاه از سه بخش کلکتور، توربین و دودکش تشکیل شده است. قسمت کلکتور از انرژی خورشید برای افزایش آنتالپی هوایی که زیر آن جریان دارد استفاده می کند. این افزایش دما و به دنبال آن کاهش چگالی، جریان همرفتی به وجود می آورد و این جریان هوای رو به بالا برای به حرکت درآوردن یک توربین و تولید برق مورد استفاده قرار می گیرد. در تصویر ۳ شماتیکی از این نیروگاه و مکانیزم تولید برق آن نشان داده شده است.



شکل ۳: شماتیکی از نیروگاه مکشی خورشیدی [۲۱]

از سال ۱۹۷۸، تحقیقات و آزمایشهای زیادی در زمینه این نیروگاه انجام گرفته است. از نمونه های برجسته آن در این رابطه می توان به مدل آزمایشی ساخته شده دمنزنارس^۱ اسپانیا در سال ۱۹۸۲ اشاره کرد [۱۹]. این نیروگاه به مدت ۸ سال جهت اهداف آزمایشی تحت بهره برداری بود. در سال ۲۰۱۰ در جینشوان^۲ نیز یک نیروگاه مکشی خورشیدی با توان نامی ۲۰۰ کیلووات مورد بهره برداری قرار گرفت که استفاده جانبی آن نیز پوشاندن شنزارهای منطقه و جلوگیری از وقوع طوفان شن بوده است. طبق مدلسازی ها و آزمایش های انجام شده، پارامترهای هندسی موثر بر عملکرد این نیروگاه، ارتفاع دودکش، قطر کلکتور، ارتفاع دهانه ورودی کلکتور و قطر دودکش می باشند که نتایج این تحقیقات در جدول ۱ نشان داده شده است.

از جمله دیگر پارامترهای موثر بر عملکرد این نیروگاه، جنس صفحه زیرین کلکتور و نوع شیشه مورد استفاده برای سقف کلکتور می باشد. مطالعات انجام شده نشان می دهد به ترتیب، استفاده از صفحه جاذب آلومینیوم و شیشه های دوجداره برای موارد ذکر شده ارجحیت دارد. همچنین

جدول ۱: نتایج تحقیقات روی پارامترهای ارتفاع، قطر و دهانه‌ی ورودی نیروگاه مکش خورشیدی.

پارامتر	نتایج تئوری منبع [۲۰]	نتایج آزمایشگاهی منبع [۲۰]
افزایش ارتفاع دودکش	افزایش توان خروجی	ابتدا افزایش و سپس کاهش سرعت جریان هوا
افزایش قطر کلکتور	افزایش توان خروجی	-
افزایش دهانه ورودی	-	تا ۶ سانتی متر افزایش و سپس کاهش سرعت هوا
افزایش قطر دودکش	افزایش توان تا یک مقدار بهینه	عملکرد بهتر قطر ۱۰ سانتی متری از قطرهای ۲۰ و ۳۰

این روش، نمک مذاب است که ظرفیت گرمایی بالا و قیمت پایینی دارد ولی ممکن است بر اثر سرد شدن در لوله‌های انتقال منجمد شود. ۲. روش دیگر ذخیره‌سازی انرژی به صورت گرمای نهان است. ظرفیت ذخیره‌سازی گرمای این روش ۱۰۰ تا ۲۰۰ برابر روش قبل است و برای کاربردهای با دمای تقریباً ثابت بسیار مناسب است. مشکل این روش نرخ انتقال حرارت پایین آن است. ۳. بیشترین ظرفیت ذخیره انرژی مربوط به روش شیمیایی است. در این روش با تشکیل یا شکست پیوندهای شیمیایی انرژی ذخیره یا آزاد می‌شود. مشکل این روش پایداری پایین مواد مورد استفاده و پیچیدگی تجهیزات (راکتور) است [۲۸].

بازی میکند. استاتکرافت به عنوان یک موسسه‌ی نروژی که در حیطه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر به خصوص توان اسمزی مطالعه می‌کند اولین و تنها نمونه‌ی نیروگاه اسمزی را در سواحل شرقی نروژ ساخته است. این نمونه به منظور اثباتی بر امکان تولید برق بوسیله‌ی توان اسمزی و همچنین به عنوان کتابخانه‌ای بزرگ جهت مطالعات گسترش دهنده‌ی این سیستم ساخته شد که باعث پیشرفت و ارتقا بازده غشاها از ۱/۰ وات بر متر مربع به ۳ وات بر متر مربع شد. اما هدف برای تولید در مقیاس تجاری ۵ وات بر متر مربع می‌باشد که هدفی قابل دسترس در زمانی کوتاه می‌باشد.

در آخر توان اسمزی با فواید و مزیت‌های فراوان مانند قابل اطمینان‌ترین انرژی تجدیدپذیر، تمیزترین آن‌ها، در دسترس بودن همیشگی و به صرفه بودن از نظر اقتصادی نسبت به انرژی خورشیدی و بادی دارای پتانسیل تولید ۱۶۰۰ تراوات ساعت در سال در جهان را دارد که معادل نصف انرژی تولیدی اروپا می‌باشد [۲۵].

۷ ذخیره سازی انرژی گرمایی خورشید

خورشید همواره مقادیر عظیم انرژی به سمت زمین تابش می‌کند. اما این انرژی بسیار پراکنده است و در تمام طول شبانه‌روز قابل دسترس نمی‌باشد، لذا نمی‌توان به عنوان یک منبع انرژی قابل اعتماد به آن نگاه کرد [۲۶]. برای رفع مشکل غیرقابل اعتماد بودن انرژی خورشیدی، می‌توان انرژی را در طول روز که در دسترس است ذخیره کرده و در طول شب که در دسترس نمی‌باشد، مصرف کرد. برای طراحی چنین سامانه‌ای نکاتی مدنظر قرار می‌گیرد [۲۷].

۱. سامانه ذخیره‌سازی انرژی باید توان استفاده مکرر را بدون آسیب دیدن یا آسیب رساندن به محیط‌زیست داشته باشد.
۲. در حال حاضر بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر هزینه زیادی در بر دارد و در صورتی که سامانه ذخیره‌سازی انرژی نیز پرهزینه باشد توجیه اقتصادی نخواهد داشت.
۳. ماده کاری ذخیره‌کننده انرژی باید ظرفیت گرمایی بالایی داشته باشد تا نسبت ماده به کار رفته به گرمای ذخیره شده کاهش یابد.
۴. نرخ انتقال حرارت از ماده ذخیره‌کننده به سیال کاری نیروگاه باید بالا باشد تا پاسخگویی نیاز به انرژی در طول زمان مصرف انرژی ذخیره‌شده (شب) باشد.

ذخیره انرژی به سه طریق کلی تقسیم‌بندی می‌شود:

۱. معمول‌ترین روش، انتقال گرمای محسوس است. در این روش ماده ذخیره‌کننده در اثر دریافت گرما افزایش دما خواهد داشت و در طول شب با انتقال انرژی به نیروگاه خنک می‌شود. پراستفاده‌ترین ماده در



شکل ۵: برج خورشیدی در شهر آلمریا [۲۹]

نکته پر اهمیت دیگر در طراحی سامانه ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی، شیوه دریافت نور خورشید است. یکی از روش‌های پرکاربرد (مخصوصاً برای نمک مذاب) استفاده از مزرعه آینه و برج خورشیدی می‌باشد. برج‌های خورشیدی در دو نوع دریافت کننده خارجی و داخلی (خلأیی) مورد استفاده قرار می‌گیرند (تصویر ۵). در نوع دوم، نور خورشید در یک محفظه محبوس شده و می‌تواند به دماهای بسیار بالاتری برسد [۲۷].

۸ کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم‌های

شیرین‌سازی آب

سیستم‌های شیرین‌سازی آب به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ روش‌های گرمایی و روش‌های الکتریکی، از میان روش‌های گرمایی شیرین‌سازی آب

گازی، بخار یا سیکل ترکیبی از انتشار گازهای گلخانه‌ای جلوگیری کرده و همچنین در حل معضلات آبی که به بحرانی اجتناب‌ناپذیر در زمان حاضر تبدیل شده‌است کمک نمایند. از جمله آن‌ها می‌توان به مواد زیر اشاره کرد:

- با الهام از درختان می‌توان توربین‌های نوین بادی ساخت که به کمک فناوری پیزوالکتریک، فضای زیاد نیاز نداشته و مشکلات ناشی از پره‌های بلند را نیز به همراه نداشته باشند. این فناوری نیازمند تحقیق و توسعه بیشتری برای ظرفیت‌های بالاتر می‌باشد.
- ایده‌ی کاربردی دیگری که محققان را به خود مشغول ساخته‌است، استفاده از چاه‌های نفت رهاشده به عنوان نیروگاه زمین‌گرمایی است. در این روش ۵۰ درصد از هزینه‌های اولیه حل شده و مسائل مربوط به مسدود کردن چاه‌های نفت از بین می‌رود. مسئله اصلی این طرح این است که اکثر چاه‌های نفت در مناطقی که زمین‌گردان دمایی زیاد دارد بنا نشده‌اند. در این موارد نیز می‌توان از آن‌ها برای گرم کردن آب برای مصارف خانگی و صنعتی استفاده نمود.
- تبخیر آب از بزرگترین شکل‌های تبدیل انرژی در اتمسفر می‌باشد. برای استخراج انرژی از تبخیر آب از سلول‌هایی حساس به رطوبت استفاده می‌شود که نسبت به آن تغییر طول می‌دهند. این نوآوری در حال حاضر در مقیاس‌های بسیار کوچک در حال توسعه می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود در آینده مورد استقبال قرار گیرد.
- نیروگاه مکش خورشیدی علاوه بر تولید انرژی، باعث پوشاندن شنزارها شده و از وقوع طوفان‌شن جلوگیری می‌نماید. این فناوری دارای مسائل مختلفی (بازده پایین، هزینه بالا و...) است که استقبال از آن را با چالش مواجه کرده‌است. پیشرفت تکنولوژی و افزایش بازده می‌تواند این نیروگاه را مورد استقبال بازار جهانی قرار دهد.
- توان اسمزی با فواید و مزیت‌های فراوان قابل اطمینان‌ترین انرژی تجدیدپذیر، تمیزترین آن‌ها، در دسترس بودن همیشگی و به صرفه بودن از نظر اقتصادی نسبت به انرژی خورشیدی و بادی دارای پتانسیل تولید ۱۶۰۰ تراوات ساعت در سال در جهان را دارد که معادل نصف انرژی تولیدی اروپا می‌باشد.
- چالش اصلی انرژی خورشیدی، نبود آن در شب است. برای ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی روش‌های متفاوتی پیشنهاد شده‌است که هر کدام مزایا و معایب خود را دارند. از جمله آن‌ها می‌توان به انتقال گرمای محسوس، گرمای نهان و روش شیمیایی را نام برد که بیشترین ظرفیت ذخیره انرژی را داراست.
- روش مناسب برای شیرین کردن آب، استفاده از فناوری اسمز معکوس است. برای تامین انرژی آب‌شیرین‌کن‌ها می‌توان به طور مستقیم از انرژی خورشیدی استفاده کرده و یا از سلول‌های خورشیدی و انرژی زمین‌گرمایی استفاده نمود. با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در شیرین‌سازی آب می‌توان به گونه‌ای متفاوت آن‌ها را ذخیره کرده و از هدر رفتن آن‌ها جلوگیری نمود.

بررسی موارد ذکر شده توسط دانشجویان درس انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تهران نشان می‌دهد که تحقیق، توسعه و سرمایه‌گذاری بر روی این موارد

یکی از متداول‌ترین روش‌ها روش تقطیر چند مرحله‌ای (ام‌ای دی^۱) است، از روش‌های دیگر گرمایی می‌توان روش شیرین‌سازی فلش چند مرحله‌ای (ام‌اس اف^۲) را نام برد که از دهه ۵۰ میلادی به صورت تجاری مورد استفاده واقع شد، این روش توان تولید روزانه ۱۵ میلیون گالون آب شیرین را داراست. روش کلی شیرین‌سازی آب در تمام روش‌های گرمایی به این صورت است که پس از گرم کردن آب دریا با انتقال مرحله به مرحله ی آن به مخازن کم فشار تر (با توجه کاهش نقطه ی جوش به دنبال کاهش فشار) هر بار بخشی از آب دریا را بخار کرده و از املاح جدا می‌کنند، تعداد این مراحل بسته به روش و حجم آب شیرین تولیدی معمولاً بین ۸ تا ۲۵ مرحله می‌باشد و متوسط دمای آب دریا بین ۷۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در برخی موارد برای گرم کردن آب دریا از روش فشرده سازی بخار (وی سی دی^۳) استفاده می‌گردد که در این روش به سبب افزایش فشار بخار دمای آن افزایش می‌یابد و از آن به عنوان منبع تامین حرارت استفاده می‌شود. روش‌های الکتریکی مرسوم تامین آب شیرین شامل دو روش الکترولیز (ای دی^۴) و روش اسمز معکوس (آر او^۵) هستند که در روش الکترولیز با قرار دادن دو الکترود در آب شور و کمک غشا‌های نیمه تراوا سعی می‌شود که آنیون‌ها و کاتیون‌های آب شور را بین این غشا‌ها به دام انداخته و آب شیرین تولید کرد اما در روش اسمز معکوس سعی می‌شود که به کمک یک نیروی خارجی آب شور را از یک غشا نیمه تراوا عبور داد و با عبور آب از این غشا املاح آن را جدا کرد، این روش به علت سرعت تولید آب شیرین بالا، هزینه ی کم، انرژی مصرفی پایین (به علت عدم تغییر فاز) و عمر بالا بسیار محبوب و رو به گسترش است [۳۰، ۳۱]. یکی از راه‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای شیرین‌سازی آب، متمرکز سازی نور خورشید (سی پی اس^۶) است. در این روش با تراکم ساختن نور خورشید در یک ناحیه دمای بالایی بدست می‌آید که از آن می‌توان مستقیماً به عنوان منبع حرارت در تصفیه‌ی آب استفاده کرد و یا به کمک آن برق تولید کرد و از برق تولیدی در روش‌های شیرین‌سازی آب استفاده کرد [۳۰]. روش دیگر استفاده از سلول‌های خورشیدی (پی وی^۷) است، در این روش انرژی خورشید مستقیماً به کمک این صفحات به برق تبدیل شده و از آن می‌توان در سیستم‌های الکتریکی شیرین‌سازی آب استفاده کرد. روش آخر نیز استفاده از انرژی حرارتی اعماق زمین (جی ای^۸) است که در این روش همانند روش متمرکز سازی نور خورشید می‌توان از انرژی حرارتی مستقیماً در سیم‌های آب شیرین‌کن حرارتی استفاده کرد یا آن را به برق تبدیل کرده و در سیستم‌های الکتریکی به کار برد. یکی از مزایای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تامین آب شیرین را می‌توان نوعی ذخیره سازی انرژی‌های تجدیدپذیر دانست، به عبارت دیگر ما در زمانی که توانایی بهره برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر را داریم میتوانیم از این انرژی برای تامین آب شیرین استفاده کرده و از هدر رفت آن جلوگیری نماییم [۳۰].

۹ نتیجه

مطابق با مطالب گفته شده در این مقاله می‌توان دریافت که امروزه روش‌های نوینی در حوزه‌ی انرژی‌ها تجدیدپذیر فراهم شده‌است که تمرکز بر روی آن‌ها امری لازم و ضروری است و می‌توان با جایگزین کردن آن‌ها با نیروگاه‌های

¹Multi-Effect Distillation ²Multi-Stage Flash ³Vapor Compression Distillation ⁴Electro Dialysis ⁵Reverse Osmosis ⁶Concentrated Solar Power ⁷Photovoltaic ⁸Geothermal Energy

- [13] Cheng, Wen-Long, Tong-Tong Li, Yong-Le Nian, and Kun Xie. "Evaluation of working fluids for geothermal power generation from abandoned oil wells." *Applied Energy* 118 (2014): 238-245.
- [14] Sanyal, Subir K., and Steven J. Butler. "Geothermal power capacity from petroleum wells—some case histories of assessment." In *Proceedings World Geothermal Congress 2010*. 2010.
- [15] Davis, Adelina P., and Efsthathios E. Michaelides. "Geothermal power production from abandoned oil wells." *Energy* 34, no. 7 (2009): 866-872.
- [16] Skilhagen, Stein Erik. "Osmotic power—a new, renewable energy source." *Desalination and water treatment* 15, no. 1-3 (2010): 271-278.
- [17] Chen, Xi, Lakshminarayanan Mahadevan, Adam Driks, and Ozgur Sahin. "Bacillus spores as building blocks for stimuli-responsive materials and nanogenerators." *Nature nanotechnology* 9, no. 2 (2014): 137-141.
- [18] Chen, Xi, Davis Goodnight, Zhenghan Gao, Ahmet H. Cavusoglu, Nina Sabharwal, Michael DeLay, Adam Driks, and Ozgur Sahin. "Scaling up nanoscale water-driven energy conversion into evaporation-driven engines and generators." *Nature communications* 6 (2015).
- [19] Haaf, W., K. Friedrich, G. Mayr, and J. Schlaich. "Solar chimneys part I: principle and construction of the pilot plant in Manzanares." *International Journal of Solar Energy* 2, no. 1 (1983): 3-20.
- [20] Ghalamchi, Mehrdad, Alibakhsh Kasaeian, Mehran Ghalamchi, and Alireza Hajiseyed Mirzahosseini. "An experimental study on the thermal performance of a solar chimney with different dimensional parameters." *Renewable Energy* 91 (2016): 477-483.
- [21] Hamdan, Mohammad O. "Analysis of a solar chimney power plant in the Arabian Gulf region." *Renewable Energy* 36, no. 10 (2011): 2593-2598.
- [22] Niemann, H-J., R. Hoeffler, and F. Lupi. "The Solar Updraft Power Plant: Design and Optimization of the Tower for Wind Effects." In *5th European & African conference on wind engineering: Florence Italy, July 19th-23rd 2009: conference proceedings.*, pp. 1000-1004. Firenze University Press, 2009.
- [23] Wang, Caisheng, and M. Hashem Nehrir. "Power management of a stand-alone wind/photovoltaic/fuel cell energy system." *IEEE transactions on energy conversion* 23, no. 3 (2008): 957-967.
- [24] Skilhagen, Stein Erik, Jon E. Dugstad, and Rolf Jarle Aaberg. "Osmotic power—power production based on the osmotic pressure difference between waters with varying salt gradients." *Desalination* 220, no. 1-3 (2008): 476-482.
- [25] M. Ahmad, Yuva Engineers (2010). Retrieved from <http://www.yuvaengineers.com/osmotic-power-rohini-md-ahmad-peer/>
- [26] Smil, Vaclav. "General energetics: energy in the biosphere and civilization." In *General energetics: energy in the biosphere and civilization*. John Wiley & Sons, 1991.
- [27] Tian, Yuan, and Chang-Ying Zhao. "A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications." *Applied energy* 104 (2013): 538-553.

می‌تواند به روش‌های اقتصادی‌تر در حوزه رقابتی انرژی‌های تجدیدپذیر منجر شود که به صرفه‌بودن برخی از آن‌ها به طور قطع اثبات شده‌است و پیش‌بینی می‌شود با توجه به عزم جهانی برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در آینده به طور فزاینده‌تری مورد استفاده و سرمایه‌گذاری واقع گردند.

۱۰. قدردانی

از آقای مهدی محمدیان و حسین پورواسعی و همه کسانی که در تهیه این مقاله به نحوی همکاری کردند قدردانی به عمل می‌آید.

مراجع

- [1] Williamson, Charles HK. "Vortex dynamics in the cylinder wake." *Annual review of fluid mechanics* 28, no. 1 (1996): 477-539.
- [2] Taylor, George W., Joseph R. Burns, S. A. Kammann, William B. Powers, and Thomas R. Welsh. "The energy harvesting eel: a small subsurface ocean/river power generator." *IEEE journal of oceanic engineering* 26, no. 4 (2001): 539-547.
- [3] Allen, J. J., and A. J. Smits. "Energy harvesting eel." *Journal of fluids and structures* 15, no. 3-4 (2001): 629-640.
- [4] Bryant, Matthew, and Ephraim Garcia. "Development of an aeroelastic vibration power harvester." In *Proc. SPIE*, vol. 7288, p. 728812. 2009.
- [5] Bibo, Amin, and Mohammed F. Daqaq. "Energy harvesting under combined aerodynamic and base excitations." *Journal of sound and vibration* 332, no. 20 (2013): 5086-5102.
- [6] Templeton, Jeffrey. "Abandoned petroleum wells as sustainable/renewable." PhD diss., McGill University, 2013.
- [7] Wang, Shejiao, Jiahong Yan, Feng Li, Junwen Hu, and Kewen Li. "Exploitation and Utilization of Oilfield Geothermal Resources in China." *Energies* 9, no. 10 (2016): 798.
- [8] Pone, D., Kim, E. "Geothermal Energy Recovery from Hydrocarbon Settings: Potential and Challenges." *EGEE* 580, 2004.
- [9] Tidwell, Preston J. "Low Temperature Geothermal Waste-Heat-to-Power." PhD diss., 2014.
- [10] Noorollahi, Younes, Meysam Pourarshad, Saeid Jalilinasrabady, and Hossein Yousefi. "Numerical simulation of power production from abandoned oil wells in Ahwaz oil field in southern Iran." *Geothermics* 55 (2015): 16-23.
- [11] Syarifudin, M., F. Octavius, and K. Maurice. "Feasibility of Geothermal Energy Extraction from Non-Activated Petroleum Wells in Arun Field." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 42, no. 1, p. 012023. IOP Publishing, 2016.
- [12] Soldo, Elena, and Claudio Alimonti. "From an Oilfield to a Geothermal One: Use of a Selection Matrix to Choose Between Two Extraction Technologies." In *Proceedings, World Geothermal Congress, Melbourne*, pp. 19-25. 2015.

- [28] Gil, Antoni, Marc Medrano, Ingrid Martorell, Ana Lázaro, Pablo Dolado, Belén Zalba, and Luisa F. Cabeza. "State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1—Concepts, materials and modelization." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, no. 1 (2010): 31-55.
- [29] AORA, Solar Tulip Tower (2015). Retrieved from <http://cspworld.org/cspworldmap/aora-solar-tulip-tower-almeria>
- [30] Ghaffour, Noredine, Jochen Bundschuh, Hacene Mahmoudi, and Mattheus FA Goosen. "Renewable energy-driven desalination technologies: A comprehensive review on challenges and potential applications of integrated systems." *Desalination* 356 (2015): 94-114.
- [31] Loverude, Michael E., Christian H. Kautz, and Paula RL Heron. "Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas." *American journal of physics* 70, no. 2 (2002): 137-148.