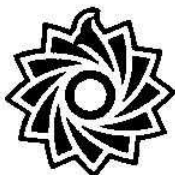


۱۴۱۲۸۲۵
۹۵ ۳/۱۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس تهران

مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی

تألیف:

دکتر علی میرمحمدی

عضو هیأت علمی دانشگاه

تربیت مدرس شهید رجایی

دکتر جاماسب پیرکندی

عضو هیأت علمی دانشگاه

صنعتی مالک اشتر

سر شناسنامه	:	پیرکندی، جاماسب، ۱۳۵۵-
عنوان و نام پدید آور	:	مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی/تالیف جاماسب پیرکندی، علی میر محمدی.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۵
مشخصات ظاهری	:	۲۰۰ص.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۶۰-۶
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۱۹۱.
موضوع	:	مبانی زمین گرمایی
شناسه افزوده	:	میر محمدی، علی، ۱۳۵۵-
شناسه افزوده	:	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
رده بند کنگره	:	GB۱۱۹۹/۵/م۲ ۱۳۹۵
رده بند یوبی	:	۵۵۱/۲۳
شماره کتابشناسی	:	۴۲۱۹۹۳۵



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	:	مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی
تألیف	:	دکتر جاماسب پیرکندی، عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دکتر علی میر محمدی، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
ویراستار ادبی	:	شهرام طهماسبی
نوبت چاپ	:	اول - بهار ۱۳۹۵
انتشارات	:	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	:	فرانقش
چاپ	:	فردوس
طراح جلد	:	شهرام طهماسبی
ناظر چاپ	:	محمد معتمدی نژاد
کارشناس چاپ و صفحه‌آرا	:	نیره فیروزی
کارشناسان	:	طاهره کیا، علی رضایی اهوآنوئی
شمارگان	:	۱۰۰۰ جلد
قیمت	:	۱۸،۰۰۰ تومان
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۶۰-۶
ISBN: 978-600-6594-60-6		

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و مترجمین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰.

۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@srutu.edu، وب سایت: http://Publish.srttu.edu

مقدمه‌ای بر کتاب

بنام خداوند جان و خرد

باتوجه به بحران انرژی در آینده نزدیک در جهان، به لحاظ کاهش سوخت‌های فسیلی و ضرورت جلوگیری از تولید گازهای گلخانه‌ای - حاصل از احتراق سوخت‌های هیدروکربنی، هرگامی در جهت بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه آن مثبت و ضروری است. گردآوری، تالیف، تصنیف و ترجمه متون و مقالات علمی به منظور ترویج علم و آگاهی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر توسط دانشمندان این رشته، خدمت بزرگی به جهان بشریت خواهد بود.

کتاب حاضر که تحت عنوان "مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی" توسط پژوهشگران دکتر علی میرمحمدی و دکتر جاماسب پیرکندی تألیف گردیده مورد بحث و مطالعه اینجانب قرار گرفت که نمونه‌ای از متون علمی ارزشمند در جهت توسعه بهره‌برداری از منابع انرژی خدادادی لایتنای زمین گرمایی است لذا به دانشگاهیان و همکاران گرانقدر توصیه می‌شود مطالعه و توجه به آن را به دانشجویان و پژوهشگران یادآوری فرمایند.

و من الله التوفیق / فتح‌اله امی / بهار ۱۳۹۵

پیشگفتار

سیاس و ستایش خوانند بلند مرتبه را که به لطف و عنایت بی کران او توفیق تالیف کتاب مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی حاصل آمد. از این رو در آغاز، کمترین ادب بندگی بجای آورده و یاد می کنیم آموزنده بی اثر گزار را و چه خوش گفت حکیم عمر خیام که:

اجرام که ساکنان این جهانند

اسباب تردد خردمندانند

هان تا سر رشته خرد گم ندنی

کانان که مدبرند سرگردانند

کتابی که پیش رو دارید حاصل تلاشی مجدانه به منظور تالیف دانسته ها و تجربیات نگارندگان در راستای بهبود و گسترش فناوری انرژی زمین گرمایی در ایران است. این کتاب مطابق با آخرین یافته ها و همگام با مراجع معتبر علمی دنیا تالیف شده است. مهم ترین هدف آن ارائه اطلاعات جدید، همسو با نشریات معتبر، مجامع علمی، پایگاه های اطلاعاتی و کتب منتشره به علاقمندان است. کتاب مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی در مقام معرفی انرژی زمین گرمایی و فناوری آن به عنوان یکی از منابع انرژی خدادادی پاک، تجدیدپذیر و آینده پیش روی آن است. در این کتاب سعی شده است سیستم های تولید توان موجود و جدید مبتنی بر انرژی زمین گرمایی معرفی گردد. در فصل نخست کتاب ابتدا انواع انرژی های تجدیدپذیر و سپس به صورت کلی انرژی زمین گرمایی معرفی می گردد. در فصل دوم انرژی زمین گرمایی به صورت کامل معرفی می گردد. دلایل اهمیت انرژی زمین گرمایی، مزایا و معایب استفاده از انرژی زمین گرمایی، اثرات زیست محیطی نیروگاه های زمین گرمایی، اثرات کلی تولید برق، مزایای زیست محیطی نیروگاه های زمین گرمایی، انواع منابع زمین گرمایی، نشانه های انرژی زمین گرمایی، تاریخچه کاربرد انرژی زمین گرمایی، جایگاه انرژی زمین گرمایی در جهان، جایگاه انرژی زمین گرمایی

در ایران از موارد مهم بررسی شده در این فصل می‌باشد. در فصل سوم کتاب سامانه‌های موجود و کاربردی در انرژی زمین گرمایی معرفی شده است. در ادامه و در فصل چهارم پمپ‌های حرارتی به عنوان یک سامانه جدید معرفی شده و کارکرد آن توضیح داده می‌شود. در فصل پنجم یک مثال نمونه از طراحی یک پمپ حرارتی ارائه شده است. در آخر جمع بندی کتاب در فصل ششم انجام شده است.

نگارندگان تلاش‌ها و دلسوزی‌های پیشگامان فناوری‌های نوین و انرژی‌های خدادادی، پاک و تجدیدپذیر، ایران را ارج نهاده و ضمن پاس داشت مقام آنان، انگیزه خود از تالیف کتاب مبانی و کاربردی انرژی زمین گرمایی را لزوم توجه به انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر در راستای تأمین نیازهای انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی انرژی‌های فسیلی می‌دانند؛ از آنجا که دانسته‌های بشری منتهی می‌شوند و دانش نگارندگان نیز بی‌تناسب با فرموده حکیم عمر خیام نیست که؛

هرگز دل من ز علم غروب شد کم ماند ز اسرار که معلوم نشد

هفتاد و دو سال فکر کردم به سر روز معلوم شد که هیچ، معلوم نشد

لذا از دانشجویان عزیز، همکاران و پژوهشگران گرامی، و خوانندگان محترم استدعا داریم که با رهنمودهای ارزشمند خود ما را در جهت رفع نقایص این کتابی یاری نمایند.

مؤلفان کتاب از جناب آقای دکتر فرامرز آشنای قاسمی و همکاران ایشان در انتشارات دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی که زحمت کلیه امور مرتبط با چاپ کتاب را متحمل شدند و از استاد ارجمند جناب آقای دکتر فتح‌اله امی که کتاب را مطالعه و توصیه‌های ارزشمندی در ارتقای کیفی سطح آن پیشنهاد نمودند، مراتب کمال تشکر و سپاس خود را ابراز می‌دارند. همچنین مؤلفان کتاب از خانواده‌های گرامی خود که با تحمل و شکیبایی بسیار، انجام این امر مهم را مقدور ساخته و با فراهم آوردن محیطی آرام، فرآیند تألیف این مجموعه را سرعت بخشیده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

حاماسب پیرکندی، علی میرمحمدی

بهار ۱۳۹۵

فهرست

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱ مقدمه‌ای بر انرژی‌های تجدیدپذیر ۱
- ۲-۱ مقدمه‌ای بر انرژی زمین‌گرمایی ۷
- ۳-۱ ساختار کتاب ۱۱

فصل دوم: معرفی انرژی زمین‌گرمایی

- ۱-۲ معرفی انرژی زمین‌گرمایی ۱۳
- ۲-۲ دلایل اهمیت انرژی زمین‌گرمایی ۱۴
- ۳-۲ مزایا و معایب استفاده از انرژی زمین‌گرمایی ۱۸
- ۴-۲ اثرات زیست‌محیطی انرژی زمین‌گرمایی ۲۲
- ۱-۴-۲ مزایا و معایب ۲۲
- ۲-۴-۲ آیین‌نامه‌ها ۲۳
- ۳-۴-۲ اثرات کلی تولید برق ۲۴
- ۴-۴-۲ مزایای زیست‌محیطی انرژی زمین‌گرمایی ۲۵
- ۵-۲ چالش‌های محیط‌زیستی انرژی زمین‌گرمایی ۳۵
- ۱-۵-۲ فرونشست زمین ۳۵
- ۲-۵-۲ لرزه‌خیزی القایی ۳۸
- ۳-۵-۲ زمین‌لغزش‌های القایی ۴۰
- ۴-۵-۲ صدا (ناهنجاری‌های صوتی) ۴۲

۴۴	 ۵-۵-۲ اختلال در مظاهر طبیعی گرمایی
۴۴	 ۶-۵-۲ اختلال در زیست بوم حیات وحش، گیاهان و چشم اندازها
۴۶	 ۷-۵-۲ رویدادهای فاجعه آمیز
۴۷	 ۸-۵-۲ آلودگی های حرارتی
۴۸	 ۶-۲ انواع منابع زمین گرمایی
۵۰	 ۷-۲ نشانه های انرژی زمین گرمایی
۵۲	 ۸-۲ تاریخچه کاربرد انرژی زمین گرمایی
۵۵	 ۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در جهان
۵۹	 ۱-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند
۶۲	 ۲-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور آمریکا
۶۲	 ۳-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور فیلیپین
۶۳	 ۴-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور مکزیک
۶۳	 ۵-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور اندونزی
۶۳	 ۶-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور فرانسه
۶۳	 ۷-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور ایتریفایی
۶۵	 ۱۰-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در ایران
۷۲	 ۱۱-۲ قیمت جهانی برق تولیدی از زمین گرمایی
۷۸	 ۱۲-۲ بازار انرژی زمین گرمایی

۸۱ فصل سوم: مطالعه و بررسی بر روی سامانه های موجود

۸۱	 ۱-۳ بهره برداری از انرژی زمین گرمایی
۸۱	 ۲-۳ انواع تکنولوژی های نیروگاهی زمین گرمایی (کاربردهای غیرمستقیم)
۸۶	 ۱-۲-۳ سیکل بخار خشک
۹۱	 ۲-۲-۳ بخار لحظه ای
۹۳	 ۱-۲-۲-۳ نیروگاه با سیال دو فاز، بخار لحظه ای، تک مرحله ای و بدون کندانسور
۹۴	 ۲-۲-۲-۳ نیروگاه با سیال دو فاز، بخار لحظه ای، تک مرحله ای و با کندانسور
۹۷	 ۳-۲-۲-۳ نیروگاه با سیال دو فاز، بخار لحظه ای، دو مرحله ای و با کندانسور
۹۹	 ۳-۲-۳ سیکل باینری (دو مرحله ای)
۱۰۴	 ۴-۲-۳ سیکل جریان کلی

۱۰۴	 ۵-۲-۳ سیکل تزریقی
۱۰۴	 ۶-۲-۳ سیکل ترکیبی زمین گرمایی و فسیلی
۱۰۶	 ۳-۳ انواع تکنولوژی های غیر نیروگاهی زمین گرمایی (کاربردهای مستقیم)
۱۰۷	 ۱-۳-۳ کاربرد در درمان بیماری ها و استحمام
۱۰۸	 ۲-۳-۳ کاربرد در مراکز گلخانه ای و کشاورزی
۱۱۰	 ۳-۳-۳ کاربرد در دامپروری (حوضچه های پرورش ماهی)
۱۱۱	 ۴-۳-۳ کاربرد در گرمایش ساختمان ها
۱۱۲	 ۵-۳-۳ کاربرد در سرمایش ساختمان ها
۱۱۳	 ۶-۳-۳ کاربرد در دوب برف و پیشگیری از یخبندان در معابر
۱۱۵	 ۷-۳-۳ کاربرد در پمپ حرارتی
۱۱۷	 ۸-۳-۳ کاربرد در صنعت

فصل چهارم: مطالعه و بررسی بر روی سازه های نوین

۱۱۹	 ۱-۴ پمپ های حرارتی
۱۱۹	 ۱-۱-۴ عملکرد پمپ های حرارتی
۱۲۲	 ۲-۱-۴ انرژی مورد استفاده پمپ حرارتی
۱۲۴	 ۳-۱-۴ تقسیم بندی پمپ حرارتی
۱۲۴	 ۱-۳-۱-۴ تقسیم بندی پمپ حرارتی بر اساس سیکل حرارتی
۱۲۶	 ۲-۳-۱-۴ تقسیم بندی پمپ حرارتی بر اساس منبع
۱۳۱	 ۴-۱-۴ معرفی اجزاء و نحوه کارکرد پمپ حرارتی زمین گرمایی
۱۳۲	 ۱-۴-۱-۴ پمپ حرارتی با کندانسور هوایی
۱۳۳	 ۲-۴-۱-۴ پمپ حرارتی با کندانسور آبی
۱۳۵	 ۵-۱-۴ چیدمان های مختلف پمپ های حرارتی
۱۳۵	 ۱-۵-۱-۴ اتصال عمودی به زمین (سیستم عمودی)
۱۳۹	 ۲-۵-۱-۴ اتصال افقی به زمین (سیستم افقی)
۱۴۳	 ۳-۵-۱-۴ استفاده از آب در سیکل بسته
۱۴۴	 ۴-۵-۱-۴ استفاده از آب در سیکل باز
۱۴۶	 ۶-۱-۴ کاربردهای پمپ حرارتی
۱۴۷	 ۷-۱-۴ وضعیت پمپ های حرارتی زمین گرمایی در جهان

۱۴۹	۸-۱-۴ وضعیت پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی در ایران
۱۵۶	۹-۱-۴ روابط حاکم بر پمپ حرارتی
۱۶۱	۱۰-۱-۴ مراحل انجام پروژه‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی
۱۶۲	۱۱-۱-۴ نتیجه‌گیری
۱۶۳	۲-۴ سیکل ترکیبی زمین‌گرمایی با پمپ حرارتی
۱۶۵	۳-۴ سیکل ترکیبی زمین‌گرمایی با نیروگاه‌های بخار و سیکل ترکیبی
۱۶۵	۱-۳-۴ اهداف عمده طرح
۱۶۵	۲-۳-۴ تعریف مسئله
۱۷۰	۳-۳-۴ مزایای طرح
۱۷۰	۴-۴ سیکل ترکیبی زمین‌گرمایی با موتور استرلینگ
۱۷۱	فصل پنجم: طراحی یک پمپ حرارتی نمونه
۱۷۱	۱-۵ انتخاب یک ساختمان نمونه
۱۷۱	۲-۵ معرفی نرم‌افزار کریر و محاسب بارهای حرارتی و برودتی
۱۷۲	۱-۲-۵ مشخصات ورودی به نرم‌افزار
۱۷۳	۲-۲-۵ محاسبات نرم‌افزار
۱۷۴	۳-۵ معرفی نرم‌افزار GLD و طراحی کویل زمینی
۱۷۴	۱-۳-۵ مقدمه‌ای بر نرم‌افزار
۱۷۵	۲-۳-۵ مشخصات ورودی به نرم‌افزار
۱۸۳	۳-۳-۵ خروجی و نتایج محاسبات
۱۸۵	۴-۵ بررسی اقتصادی سیستم طراحی شده

۱۸۷	فصل ششم: جمع‌بندی
------------	--------------------------

۱۹۱	منابع
------------	--------------