

## بررسی اثرات لایه بندی خاک در عملکرد مبدل های حرارتی زمینی

حسین رهنما<sup>۱</sup>، امیر امیدوار<sup>۲</sup>، سیدجواد هاشمی نژاد<sup>۳\*</sup>

۱- عضو هیئت علمی مهندسی دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی شیراز ، [rahnema@sutech.ac.ir](mailto:rahnema@sutech.ac.ir)

۲- عضو هیئت علمی مهندسی دانشکده مکانیک و هوافضا دانشگاه صنعتی شیراز ، [omidvar@sutech.ac.ir](mailto:omidvar@sutech.ac.ir)

۳- دانشجوی ژئوتکنیک دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی شیراز ، [j.hashemi@sutech.ac.ir](mailto:j.hashemi@sutech.ac.ir)

### چکیده

زمین یک منبع بزرگ انرژی تجدیدپذیر به حساب می آید. یکی از ویژگی های خاص زمین ثابت بودن درجه حرارت در تمام فصول سال در عمق های مختلف آن است. این ویژگی اساس کار مبدل های حرارتی زمینی می باشد که متداول ترین نوع آنها، مبدل های حرارتی گمانه می باشند. گمانه ها نقش مهمی در انتقال انرژی بین سیستم پمپ های حرارتی زمین گرمایی و خاک دارند. خاک از پیچیدگی های زیادی برخوردار است. لایه بندی خاک و تفاوت در خصوصیات حرارتی هر لایه از موارد متداول در پوسته زمین است. در این مقاله به بررسی اثر لایه بندی خاک بر روی یک نمونه خاکی متداول پرداخته شده است. تحلیل های عددی صورت گرفته با نرم افزار COMSOL و با فرض یک گمانه استاندارد درون استوانه خاک انجام شده است. استوانه خاک در نظر گرفته شده از چهار لایه خاک با خصوصیات حرارتی متفاوت تشکیل شده است تا به صورت جداگانه به بررسی هر لایه پرداخته شود. تمامی تحلیل ها برای دو حالت جداگانه خاک توپر و حفره ای برای دستیابی به جمع بندی درست از نقش حفره های میان ذرات خاک، در انتقال حرارت انجام شده است. مطالعات صورت گرفته نقش مطالعات ژئوتکنیکی را در علم زمین گرمایی بیش از پیش نمایان می سازد و می تواند دید مناسبی برای پیش بینی عملکرد سیستم مبدل حرارتی در خاک ارائه دهد.

**واژه های کلیدی:** مبدل حرارتی گمانه، لایه بندی خاک، پمپ حرارتی زمین منبع، COMSOL Multiphysics

### ۱- مقدمه

انرژی زمین گرمایی مهم ترین انرژی تجدیدپذیری است که از پوسته زمین استخراج می گردد. حرارت لازم برای سیستم های ژئوترمال حاصل از توده های ماگمایی، تجزیه مواد رادیواکتیو، واکنش های شیمیایی داخل زمین و حرکات پوسته زمین می باشد که در این میان نقش توده های ماگمایی در تامین حرارت لازم سیستم ژئوترمال از بقیه موارد بیشتر است. نیاز بشری به انرژی در حال حاضر از طریق سوخت های فسیلی، شکافت هسته ای، انرژی برق آبی و انرژی های تجدیدپذیر تامین می شود. که انرژی زمین گرمایی از انواع انرژی های تجدیدپذیر محسوب می شود و با توجه به امتیازات عالی آن از قبیل بی خطر بودن نسبی، کمک به حفظ محیط زیست و ارزانی می تواند جوابگوی بخشی از تقاضای روز افزون انرژی در حال و آینده باشد.

دمای جو زمین در فصول مختلف متفاوت است و اختلاف دمای بالایی حتی در شبانه روز ایجاد می کند. اما یکی از ویژگی های خاص زمین ثابت بودن دما در عمق های مختلف آن است. پوسته زمین برخلاف جو اطرافش دمای خود را در تمام ایام سال در محدوده ی تغییرات کمی نگه می دارد. دمای زمین با افزایش عمق افزایش می یابد. در عمق حدود ۱۰ متری زمین می توان به مناطقی رسید که دمای آن ها پیوسته در حدود ۲۰ درجه سانتیگراد است که دمای مناسبی برای زندگی انسان است. به همین دلیل، زمین می تواند در فصل تابستان به عنوان چاه حرارتی و در فصل زمستان به عنوان چشمه حرارتی مورد استفاده قرار گیرد