



**Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Titolo del progetto: Valutazione del potenziale geotermico del sottosuolo in Italia Centrale (nella fascia peritirrenica dell'Italia Centrale)

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:

SCIENZE DELLA TERRA

Responsabile scientifico: Prof.ssa Sabina Bigi

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso Zagreb University, Croazia

Azienda: Eni S.p.A.

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 7.000,00

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA con delibera del 21/09/2021

Progetto di ricerca:

Le recenti politiche europee e le direttive adottate anche a livello internazionale, volte alla riduzione degli impatti del cambiamento climatico e alla promozione di uno sviluppo sostenibile, richiedono un aumento di produzione energetica da fonti rinnovabili e un uso consapevole delle risorse naturali. Tra le fonti rinnovabili su cui puntare, le risorse geotermiche possono costituire una valida opzione e un immediato rimedio per ridurre la dipendenza da risorse energetiche fossili e per migliorare l'efficienza energetica, incidendo sensibilmente sulla riduzione della produzione di CO<sub>2</sub> e sui risparmi energetici. L'energia geotermica sfrutta il calore naturale terrestre originatosi durante la formazione del pianeta e derivante soprattutto dal decadimento naturale di isotopi radioattivi, oltre che il calore dovuto alla presenza di corpi magmatici in profondità; quest'energia ha il vantaggio di essere rinnovabile, in quanto il calore terrestre è potenzialmente inesauribile, e di essere costante nel tempo. Il gradiente geotermico terrestre è mediamente di 30°C/km; le aree geotermiche attive sono quelle dove il valore del gradiente geotermico si discosta sensibilmente da questo valore medio. L'Italia, in particolare la fascia peritirrenica centrale, offre significative potenzialità in questo senso, con valori di flusso di calore elevati (da 100 a 450 mWatt/m<sup>2</sup>). Tali valori sono determinati dai processi geodinamici e vulcano-tettonici avvenuti negli ultimi pochi milioni di anni, i quali hanno determinato assottigliamento crostale, risalita del mantello, intrusione di corpi magmatici a basse profondità. Le più importanti aree geotermiche del paese sono situate in Toscana Centro-Meridionale, dove sono ubicati tutti i campi geotermici attualmente in esercizio per produzione di energia elettrica, e cioè i campi geotermici di Larderello, Travale-Radicondoli e del Monte Amiata. Nonostante diversi fattori favorevoli, sia da un punto di vista prettamente geologico (presenza di fonti di calore ottimali) che delle competenze tecnologiche acquisite nel tempo (Larderello è stato il primo campo nel mondo a produrre energia elettrica da fluidi geotermici, nel 1904), l'impiego delle risorse geotermiche risulta scarsamente sviluppato nel nostro paese, in particolare nel campo degli usi diretti (e.g. le pompe di calore). Questo dipende in parte anche dal fatto che le valutazioni del potenziale geotermico sono spesso disomogenee sul territorio nazionale e non catalogate in un unico database. In questo contesto, il progetto di ricerca qui proposto ha la principale finalità di apportare nuove conoscenze del sottosuolo della fascia peritirrenica dell'Italia centrale e del suo potenziale geotermico, attraverso la realizzazione di modelli geologici digitali tridimensionali e la caratterizzazione dei principali elementi del sistema geotermico. Questi modelli possono costituire un valido supporto alla pianificazione di un utilizzo sostenibile del sottosuolo e delle sue risorse. Un sistema geotermico può essere descritto schematicamente come un sistema convettivo confinato all'interno della crosta superiore in grado di

trasferire calore dalla sorgente alla superficie. Elementi necessari in un sistema geotermico convenzionale, e che quindi devono essere presi in considerazione in un progetto di valutazione del potenziale geotermico di un'area, sono: un serbatoio e un fluido vettore; una copertura impermeabile al di sopra del reservoir geotermico; un'area di ricarica; una sorgente di calore. L'area di studio scelta, la fascia peritirrenica dell'Italia centrale, ha un assetto geologico-strutturale caratterizzato da una tettonica estensionale che ha interessato il Mar Tirreno e la zona più interna dell'Appennino; questa ha agito a partire dal Miocene, determinando l'assottigliamento della litosfera continentale e la formazione dei bacini sedimentari pliocenici, poggianti prevalentemente su un substrato carbonatico. A questa fase distensiva è associato il magmatismo che nel Quaternario ha portato alla formazione dei diversi distretti vulcanici che caratterizzano l'area. I dati attraverso i quali ci si propone di sviluppare il progetto di ricerca sono di diversa natura (geologica, idrogeologica, geofisica, termica) e provenienti da fonti diverse. In particolare, le sezioni e le mappe, di taglio geologico-strutturali e idrogeologico, possono essere un primo punto di riferimento derivante dalla letteratura; ci sono poi da tenere in considerazione i dati di flusso di calore, conducibilità termica, di gravimetria o magnetotellurica. A questa tipologia di dati, si aggiungono poi quelli fondamentali per le modellazioni 3D, costituiti dalle sezioni sismiche a riflessioni e dai pozzi esplorativi, con le relative stratigrafie e logs geofisici. I primi dati da considerare saranno quelli pubblici (progetto VIDEPI ([www.videpi.com](http://www.videpi.com)), nell'Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali e il Database Geotermico Nazionale (<http://geothopica.igg.cnr.it>) e altri dati forniti dal partner industriale. Per la caratterizzazione termica del reservoir, ci si può avvalere dei profili termici dei pozzi esplorativi geotermici; eventualmente, se disponibili, ci sono inoltre le misure effettuate durante le perforazioni di pozzi per ricerca di idrocarburi, come le prove di strato (DST, Drill-Stem Test) e le BHT (Bottom Hole Temperature). Infine, per la caratterizzazione geologica/geotecnica del reservoir e della copertura, potranno essere presi in considerazione dati di campagna presi su analoghi naturali degli elementi del sistema geotermico, come ad esempio dati di fratturazione (lunghezza, densità, apertura, ecc). L'approccio metodologico prevede come primo passo la realizzazione di un database georeferenziato contenente tutti i dati disponibili, opportunamente omogenizzati, in grado anche di sintetizzare attraverso mappe le grandezze fisiche (geologiche, geofisiche, termodinamiche) che maggiormente influenzano il comportamento del sottosuolo dal punto di vista termico. In secondo luogo, per la valutazione del potenziale geotermico, è imprescindibile una corretta modellazione geologica, in particolare per identificare la profondità e le geometrie del serbatoio geotermico e della copertura. In questa fase, tutti i dati verranno elaborati ed integrati in software di modellistica proprietari e/o open source (e.g. Petrel, OpendTect); l'integrazione di dati stratigrafici diretti (provenienti dai pozzi esplorativi e geotermici) con i dati geofisici indiretti (sismica, gravimetria, magnetotellurica), permette in questo step di ovviare all'eventuale disomogeneità della distribuzione dei dati puntuali nell'area presa in considerazione. Infine, è necessario conoscere la distribuzione delle temperature in profondità, specialmente per quanto riguarda il serbatoio geotermico; questa fase richiede quindi la raccolta e l'elaborazione di dati di temperatura e dei gradienti geotermici. I prodotti che restituirà la ricerca saranno costituiti da:

- il database in ambiente GIS contenente tutti i dati organizzati in modo sistematico ed omogeneo;
- il modello geologico 3D (grid) e le relative mappe (contouring) degli orizzonti geologici di maggior interesse;
- estrapolazione delle temperature in profondità;
- eventuali parametri (ad esempio permeabilità) caratteristici del serbatoio geotermico.

Tutti questi elementi sono degli strumenti potenzialmente molto validi per valutare le caratteristiche di un sistema geotermico, quali le profondità delle unità stratigrafiche, la presenza di faglie che possono influenzare la circolazione dei fluidi, le eventuali zone di ricarica, i volumi del reservoir. Inoltre, i risultati di questa ricerca possono costituire l'input per successive valutazioni basate su simulazioni numeriche fluidodinamiche atte ad illustrare, ad esempio, gli eventuali rapporti tra più serbatoi geotermici, tra il sistema geotermico e l'acquifero freatico, o la possibilità o meno che ci sia un possibile bilanciamento tra eventuali emissioni naturali e la CO<sub>2</sub> prodotta dai pozzi. Una valutazione quantitativa delle risorse geotermiche profonde a scala regionale è fondamentale per la pianificazione energetica, soprattutto nel contesto dell'impegno dell'Unione europea per le energie sostenibile e rinnovabili. Gli obiettivi del progetto proposto, in definitiva rispondono alla necessità di identificare da un punto di vista geologico, strutturale, idrodinamico e termico, delle aree potenziali di utilizzo di energia geotermica e di effettuarne una valutazione, tenendo in considerazione anche i possibili diversi utilizzi (usi diretti o generazione di energia elettrica). Queste conoscenze

aiuteranno le amministrazioni e la popolazione a fare scelte più consapevoli in tema di coltivazioni di risorse e di produzione di energie da fonti rinnovabili e sostenibili.

Titolo del progetto (inglese): Geothermal potential evaluation in central Italy

Progetto di ricerca (inglese):

The recent European policies and the directives adopted also internationally, aimed to reduce the impacts of climate change and to promote sustainable economic development, require an increase in energy production from renewable sources and a conscious use of natural resources. Among the renewable sources to focus on, geothermal resources can be a valid option that can contribute to immediately reduce the use of fossil energy resources, to improve energy efficiency and significantly the reduction in CO<sub>2</sub> production. Geothermal energy exploits the natural terrestrial heat originating during the formation of the planet and deriving especially from the natural decay of radioactive isotopes, as well as the heat due to the presence of magmatic bodies in depth. This energy has the advantage of being renewable, as the earthly heat is potentially inexhaustible, and to be constant over time. The terrestrial geothermal gradient is average 30 ° C / km; active geothermal areas are those where the value of geothermal gradient deviates significantly from this average value. Italy, the central perithyrrenic area, offers significant potential in this sense, with high heat flow values (from 100 to 450 MWatt / m<sup>2</sup>). These values are determined by the geodynamic and volcano-tectonic processes that occurred in the last few million years, who have led to crustal thinning, and to the intrusion of low-depth magmatic bodies. The most important geothermal areas of the country are in central-southern Tuscany, where all the geothermal fields are currently in operation for electricity production, namely the geothermal fields of Larderello, Travale - Radicondoli and Monte Amiata. Despite several favourable factors, both from a purely geological point of view (presence of optimal heat sources) and technological skills acquired over time (Larderello was the first field in the world to produce electricity from geothermal fluids, in 1904), the use of geothermal resources is poorly developed in our country, particularly in the field of direct uses (EG heat pumps). This also depends on the fact that the assessments of geothermal potential are often inhomogeneous in the national territory and not classified in a single database. In this context, the proposed research project has the main purpose of bringing new knowledge of the subsurface of the perithyrrenic range of central Italy and its geothermal potential, through three-dimensional digital geological models and the characterization of the main elements of the geothermal system. These models can constitute a valid support for the planning of sustainable use of the subsoil and its resources. A geothermal system can be schematically described as a convective system confined within the upper crust capable of transfer heat from the source to the surface. Items necessary in a conventional geothermal system, and therefore must be taken into consideration in an evaluation project of the geothermal potential of an area, are: a reservoir and a vector fluid; a caprock above the geothermal reservoir; a recharging area; a heat source. The chosen study area, the perithyrrenic band of central Italy, has a geological-structural structure characterized by an extensional tectonics that affected the Tyrrhenian Sea and the most internal area of the Apennines. The extension acted starting from the Miocene, determining the thinning of the continental lithosphere and the formation of Pliocene sedimentary basins, mainly resting on a carbonate substrate. At this extensional phase the magmatism is associated, that in Quaternary led to the formation of the various volcanic districts characterizing the area. The data through which we propose to develop the research project are of different nature (geological, hydrogeological, geophysical, thermal) and coming from different sources. In particular, the sections and maps, geological-structural and hydrogeological cutting, can be a first point of reference deriving from literature. There are then to take into consideration heat flow data, thermal conductivity, gravimetry or magnetellurica. At this type of data, they will then add the fundamental ones for 3D modeling, consisting of the seismic sections to reflections and exploratory wells, with its stratigraphy and geophysical logs. The first data to consider will be the public ones (video project ([www.videpi.com](http://www.videpi.com)), in the inventory of national geothermal resources and the national geothermal database ([HTT P: //geOtopica.igg.cnr.it](http://geOtopica.igg.cnr.it)), whereas other data can come from the industrial partner. For the thermal characterization of the Reservoir, there can be the thermal profiles of geothermal exploratory wells; if necessary, if

available, there are also the measurements carried out during the drilling of wells for hydrocarbon research, such as layer tests (DST, Drill-Stem Test) and the BHT (bottom hole temperatures). Finally, for the geological / geotechnical characterization of the reservoir and the coverage, campaign data can be taken into consideration on natural analogues of the elements of the geothermal system, such as fracturing data (length, density, opening, etc.). The methodological approach provides as a first step the realization of a georeferenced database containing all the available data, appropriately homogenized, also able to synthesize through maps the physical (geological, geophysical, thermodynamic) quantities that most influence the behaviour of the subsurface from the thermal point of view. Secondly, for the evaluation of geothermal potential, a correct geological modelling will be essential, in particular to identify the depth and geometries of the geothermal reservoir and coverage. At this stage, all data will be processed and integrated into proprietary modelling software and / or open source (E.G. PETREL, OPENDTECT). The integration of direct stratigraphic data (coming from exploratory and geothermal wells) with indirect geophysical data (seismic, gravimetry, magnetellurica), allows in this step to remedy the possible inhomogeneity of the distribution of punctual data in the area taken into consideration. Finally, it is necessary to know the distribution of temperatures at depth, especially with regard to the geothermal reservoir. This phase therefore requires the collection and processing of temperature data and geothermal gradients.

The products of this research will consist of:

- The database in the GIS environment containing all the data organized in a systematic and homogeneous way;
- The 3D geological model (Grid) and related maps (contouring) of the geological horizons of greatest interest;
- Extrapolation of temperatures in depth;
- Any parameters (for example permeability) characteristic of the geothermal tank.

All these elements are potentially valid tools to assess the characteristics of a geothermal system, such as the depths of stratigraphic units, the presence of faults that can influence the circulation of fluids, any charging areas, the volumes of the reservoir. Furthermore, the results of this research can be the input for subsequent evaluations based on fluid dynamic numerical simulations aimed at illustrating, for example, any relationships between multiple geothermal tanks, between the geothermal system and the frantic aquifer, or the possibility or not that there is a possible balance between any natural emissions and the CO<sub>2</sub> produced by the wells. A quantitative evaluation of profound geothermal resources on a regional scale is fundamental for energy planning, especially in the context of European Union's commitment to sustainable and renewable energies. The objectives of the proposed project, ultimately respond to the need to identify from a geological, structural, hydrodynamic and thermal point of view of the potential areas for the use of geothermal energy and to carry out an assessment, taking into consideration even the possible different uses (uses Direct or generation of electricity). This knowledge will also help the administrations and the population to make more conscious choices regarding the exploitation of resources and production of energy from renewable and sustainable sources.