

# **Sviluppo ed implementazione di un algoritmo di calcolo per il pre-dimensionamento di un campo sonde geotermico: metodo e tecnologia Hydra-RED nel progetto POR “VENETO GEOTERMIA INNOVATIVA”**

**Giulia Mezzasalma, Domenico Gagliano, Matteo Dall’Agnol e Luc Pockelé**

RED srl, Viale dell’Industria 58E, 35127 Padova

## **1. INTRODUZIONE**

L’Europa prevede di incrementare sostanzialmente l’uso di energia rinnovabile negli edifici, responsabili del 40% del consumo globale di energia e del 36% delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Oggi solo il 16% dell’energia totale proviene da fonti energetiche rinnovabili. La geotermia a bassa entalpia (a profondità fino a 100 - 120 metri) è una tecnologia che permette di aiutare a realizzare questa transizione e quindi aumentare la percentuale di energia rinnovabile utilizzata. Infatti, la geotermia a bassa entalpia, nonostante il suo enorme potenziale, è sottoutilizzata soprattutto in Europa del sud e in particolare in Italia, anche nella Regione Veneto. Questo è dovuto all’alto costo di investimento iniziale, che ha un tempo di recupero di alcuni anni, ma soprattutto alla scarsa conoscenza delle sue alte potenzialità.

Recenti progetti europei hanno raggiunto ottimi risultati sviluppando sistemi innovativi sia per quanto riguarda le sonde geotermiche e le macchine perforatrici, sia nello sviluppo di pompe di calore più performanti ed ecologiche, così come negli algoritmi dedicati alla progettazione delle installazioni. Sono stati sviluppati algoritmi di calcolo e modelli termofisici del terreno, specifici per le installazioni geotermiche a bassa entalpia per la climatizzazione degli edifici, che vengono attualmente usati nei vari stati europei.

Grazie ad essi utenti esperti e non possono quindi eseguire il calcolo dei parametri di progettazione e dei costi di installazione e mantenimento.

Durante le prime iniziative organizzate nell’ambito dei progetti di ricerca europei, in particolare Cheap-GSHPs [1] è stato già riscontrato grande interesse da parte di personale proveniente dai diversi paesi d’Europa che si occupa di questo settore o che vorrebbe intraprendere questo business in continua evoluzione. La limitazione della sua diffusione è l’alto costo di investimento iniziale unita ad una scarsa conoscenza delle sue potenzialità. Infatti, la EU sta rivalutando e finanziando sempre di più i progetti mirati alla sua implementazione e riduzione dei costi di installazione per renderla competitiva con le altre tecnologie.

Le innovazioni raggiunte a livello Europeo negli ultimi anni meritano di essere utilizzate anche nella realtà veneta, dove oggi la conoscenza e l’utilizzo della geotermia poco profonda è molto limitato o addirittura nullo relativamente alle innovazioni raggiunte.

Le condizioni di *background*, i mercati e le caratteristiche geologiche del Veneto sono favorevoli all’utilizzo della geotermia a bassa entalpia che potrebbe avere un grande sviluppo come già si assiste nel nord Europa. Le innovazioni sviluppate negli ultimi anni in Europa, calate e adattate per la realtà veneta, sono la base dello sviluppo innovativo della Regione per raggiungere i target Europei nei prossimi decenni.

Il punto di partenza del progetto sono quindi le innovazioni, i software e i risultati di due progetti H2020: un primo, Cheap-GSHPs [1], conclusosi nel 2019 e un secondo GEO4CIVHIC [2] attualmente in corso. Inoltre, la prima generazione di questo tipo di scambiatori di calore è stata installata oltre 10 anni fa in n°5 siti del Veneto, tra cui un negozio in piazza San Marco a Venezia. Gli scambiatori di calore innovativi e la metodologia di installazione utilizzati nel progetto sono oggetto di brevetto, e la loro efficienza è già stata dimostrata tramite test effettuati in condizioni di sottosuolo simili a quello presente in molte zone del Veneto. Inoltre, nell’estate 2020 è stata eseguita una nuova installazione con questa metodologia nell’area di ricerca del CNR a Padova nell’ambito del progetto GEO4CIVHIC [2] validando l’efficienza e l’operatività di questi metodi innovativi.

Il progetto è pienamente inserito nella tematica “edifici e città intelligenti e sostenibili” dove tutte le municipalità sono impegnate nella trasformazione dei centri urbani. Infatti, la ricerca effettuata è centrata sulle “tecnologie per la progettazione e lo sviluppo degli edifici e la loro gestione energetica con metodi e tecnologie innovative”.

In pratica, i più recenti sviluppi della ricerca europea relativi agli scambiatori di calore geotermici poco profondi sono stati adattati e integrati in un semplice algoritmo per lo sfruttamento dell’energia geotermica a bassa entalpia nella regione del Veneto.

## **2. IL PROGETTO POR “VENETO GEOTERMIA INNOVATIVA”: METODOLOGIA**

Il progetto POR “VENETO GEOTERMIA INNOVATIVA” ha previsto l’acquisizione di nuove conoscenze e capacità per accelerare lo sfruttamento della geotermia meno profonda nel Veneto in un modo più efficiente, meno invasivo e meno costoso in combinazione anche con altre fonti di energia rinnovabile (PV, solare termico, eolico).

L’obiettivo primario del progetto è quello di sviluppare di un algoritmo basato sulle caratteristiche ambientali e del costruito tipici della Regione del Veneto, tenendo in considerazione le tipologie delle abitazioni presenti nell’area, i terreni e le relative condizioni geologiche ed idrogeologiche nel sottosuolo delle provincie venete, ed i costi di mano d’opera ed apparecchiatura per dimostrare il vantaggio economico a lungo termine nell’utilizzo di tale tecnologia.

Tale algoritmo, creato sfruttando il know-how locale veneto e con un’interfaccia semplificata per un facile utilizzo da parte degli operatori di diversi livelli, può essere sfruttato per aprire importanti nuovi mercati nella regione, nuovi posti di lavoro e nuove competenze.

Per la realizzazione dell’algoritmo sono stati seguiti gli step sottoelencati:

- 1) la raccolta dei dati relativi alla geologia e idrogeologia del suolo;
- 2) lo studio delle prestazioni dei nuovi scambiatori di calore secondo un metodo innovativo di installazione e la loro applicabilità;
- 3) la conseguente creazione di mappe specifiche per il Veneto che evidenziano le aree di possibile sfruttamento della geotermia a bassa entalpia utilizzando la nuova tecnologia.;
- 4) l’identificazione e la classificazione degli edifici nel Veneto creando degli archetipi per la successiva simulazione dinamica;
- 5) una simulazione dinamica per definire il carico termico necessario per il riscaldamento e raffrescamento di diverse tipologie di edifici tenendo conto delle loro caratteristiche costruttive e dei livelli di isolamento;
- 6) l’analisi dei costi associati all’utilizzo dei nuovi scambiatori e del relativo metodo innovativo di installazione.

In tutto il processo vengono utilizzati scambiatori di calore coassiali innovativi che hanno una resa superiore del 20-30% rispetto a quelli attualmente usati e che usano una metodologia di installazione molto più rapida, meno invasiva e meno costosa degli attuali metodi di installazione [1]. L’efficienza è particolarmente alta nei sottosuoli non consolidati come sono quelli della maggior parte della regione Veneto.

### 3. RISULTATI

#### 3.1 MAPPE SPECIFICHE PER IL VENETO

La realizzazione delle mappe geologiche specifiche per il Veneto si è ispirata a precedenti ricerche nel settore che hanno sviluppato mappe specifiche a livello Europeo e Italiano: VIGOR (progetto di ricerca italiano) [3], Cheap-GSHPs (H2020) e GEO4CIVHIC (H2020). Per reperire i dati necessari alla costruzione delle mappe sono stati esaminati archivi e banche dati nazionali e regionali messe a disposizione, rispettivamente, dall'istituto ISPRA [4] in cui sono riportate tutte le perforazioni effettuate a qualsiasi scopo nel suolo nazionale (es. a sx in Figura 1), e dal progetto INTER-REG LEGEND [5] a cui hanno partecipato le regioni Veneto ed Emilia-Romagna per la creazione di una banca dati a scopo geotermico (es. a dx in Figura 1). Inoltre, ulteriori dati sono stati forniti sia dall'Università di Padova (Dipartimento di Geoscienze) che da vari operatori nel campo della geotecnica (perforatori, fornitori di pompe di calore, amministrazioni provinciali).

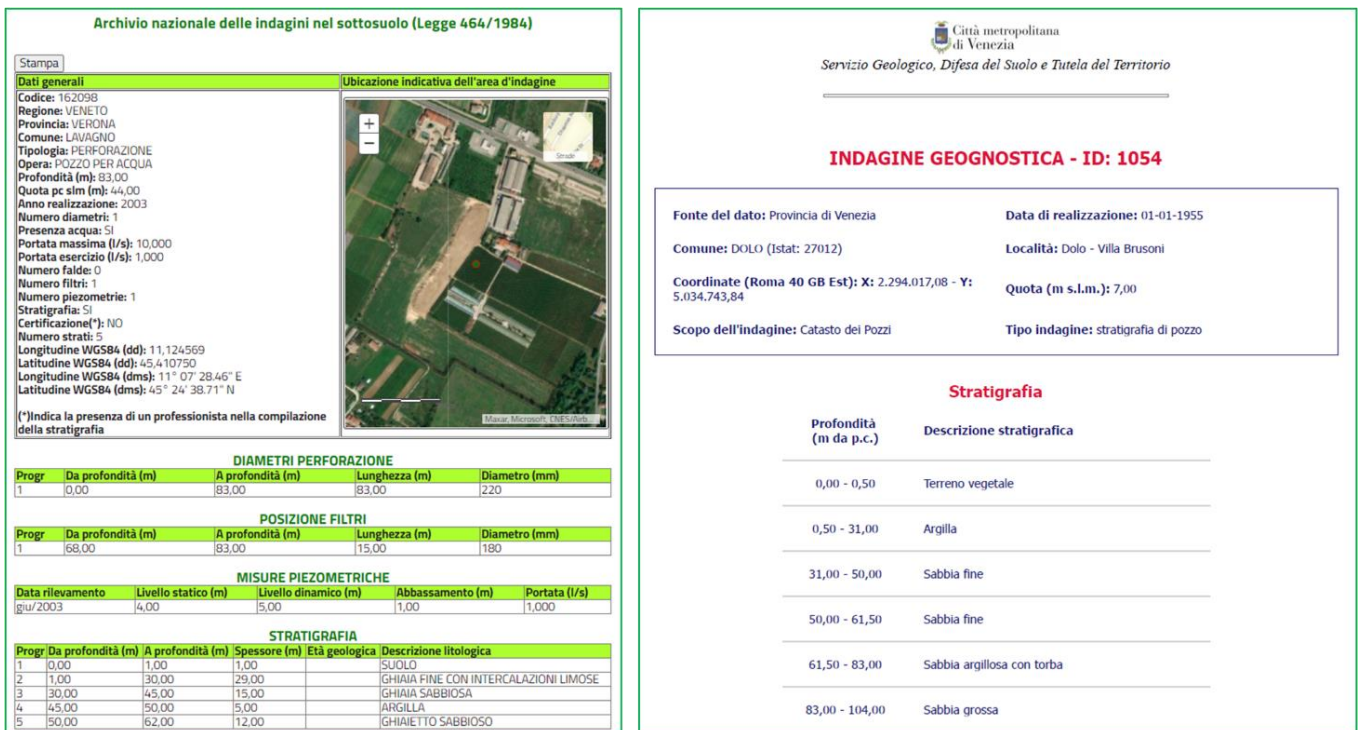


Figura 1: Dati stratigrafici da banca dati ISPRA LEGEND [4] a sx e dal progetto INTER-REG LEGEND [5] a dx

Per ottenere una distribuzione spaziale tale da considerare l'intera regione, sono state reperite anche le stratigrafie relative a perforazioni eseguite immediatamente oltre il confine regionale in modo da poter interpolare tali dati con quelli della regione Veneto.

In questo processo sono state identificate le tipologie di sottosuolo più idonee e adatte all'utilizzo sicuro ed efficiente della nuova tecnologia nella regione del Veneto.

I dati raccolti hanno permesso quindi la definizione delle stratigrafie nei primi 200 m (ove presenti) e delle caratteristiche del terreno (conduttività termica del suolo, stratigrafia, Test TRT, temperatura del sottosuolo, presenza di acque sotterranee, ecc.) ovvero relazionati alla perforabilità del suolo e hanno riguardato quindi i parametri principali come grado di consolidamento, tipo di litologia, sequenza stratigrafica, ecc.

I dati raccolti sono stati validati escludendo quelli poco significativi per le finalità dello studio, uniformati in termini di conduttività termica prendendo come riferimento l'articolo di G. Dalla Santa et al. [6] e armonizzati in funzione delle diciture litologiche.

Le diciture litologiche a valle dell'armonizzazione delle stesse, con il relativo valore di conducibilità termica assegnato, sono elencate in Tabella 1.

Tabella 1: Diciture litologiche e relativa conducibilità termica

MACROCLASSE	MATERIALE	CONDUCIBILITÀ <i>W/(m*K)</i>
TERRENI SCIOLTI	DRY	0.40
	ARGILLA	1.10
	LIMO	1.45
	SABBIA	1.90
	GHIAIA	1.08
	TORBA	0.51
	ARGSAB	1.50
	ARGLIM	1.28
	LIMSAB	1.68
	ARGTORB	0.81
	LIMTORB	0.98
	SABTORB	1.21
	ARGLIMSAB	1.48
	ARGLIMTORB	1.02
	ARGSABTORB	1.17
	LIMSABTORB	1.29
ROCCE	CONGLOMERATO	1.94
	ARENARIA	2.60
	CALCARE	2.50
	DOLOMIA	3.58
	MARNA	2.04
	GRANITO	2.74
	BASALTO	1.82
	TUFO	1.10
	SILTITE	2.50
	CEPPO	2.80
	PORFIDO	2.80
	CARANTO	0.50
	SCAGLIA	2.50
	ROCCARB	2.70
BANCO	2.80	
BRECCIA	2.20	

Tale elaborazione è risultata necessaria per permettere, ai nuovi dati così ottenuti, di essere processati tramite uno script prodotto con l'ambiente software di calcolo numerico Matlab che restituisce come risultato la media pesata, metro per metro, del profilo verticale litologico analizzato.

Le informazioni ottenute e classificate hanno permesso di costruire una mappa geologica indiretta della regione Veneto, ovvero una mappa che considera la costituzione geologica/litologica del sottosuolo, ma che è espressa graficamente in termini di conducibilità termica.

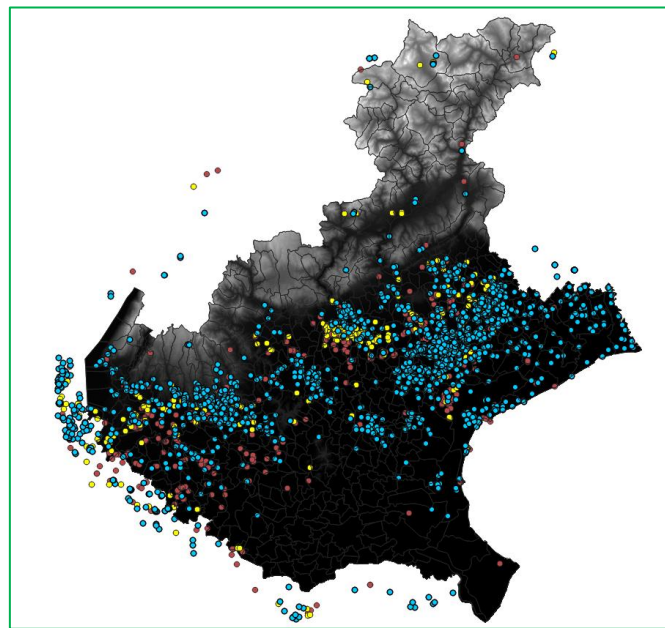
Tale mappa, visualizzabile a profondità discrete, con step minimo pari ad 1 m, a partire dal piano campagna sino ai 200 m di profondità, è consultabile tramite qualsiasi software GIS.

Per la sua creazione ci si è avvalsi del software open source QGIS e, come tutti i dati GIS, gli elementi rappresentati graficamente sono georeferenziati, ovvero ad ogni pixel costituente l'elemento rappresentato corrisponde una ben determinata collocazione geografica nella realtà.

Il sistema di riferimento delle coordinate scelto è il RDN2008/Zone12 (NE) corrispondente all'EPSG:6876, mentre la mappa di base è stata estrapolata dal DTM (Digital Terrain Model) Italia con lato delle celle (pixel) pari a 5 m.

I dati stratigrafici reperiti e rielaborati sono stati perciò collocati sulla mappa regionale tenendo conto del loro posizionamento geografico (latitudine e longitudine, riportate in ogni scheda di perforazione) al netto della trasformazione nel sistema di riferimento delle coordinate del progetto.

In Figura 2 sono mostrate le perforazioni reperite dalla banca dati ISPRA (puntini gialli e rossi, rispettivamente per le perforazioni regionali ed oltre confine) e dalla banca dati INTER-REG LEGEND (puntini viola).



*Figura 2: Mappa Regione Veneto con indicazioni puntuali delle perforazioni con diversa profondità: blu oltre 90m, gialle maggiori uguali a 75m e minori di 90m, rosse maggiori uguali a 60m e minori di 75m*

Ogni puntino rappresentato sulla mappa contiene al suo interno informazioni relative alla conducibilità termica del terreno sottostante calcolata metro per metro lungo tutto il profilo verticale della perforazione. Per ottenere una mappa continua dell'intera regione verrà utilizzato lo strumento di interpolazione IDW (distanza inversa ponderata) che, una volta scelta la profondità per la quale si vuole ottenere la mappa di conducibilità, calcola una media mobile del valore di conducibilità termica, tra i valori medi pesati lungo il profilo verticale di ogni perforazione, proporzionale alla distanza che intercorre tra le perforazioni contigue.

I dati così organizzati in mappe geologiche possono così essere utilizzati nell'algoritmo successivamente sviluppato. Questi dati potranno essere utili per evidenziare le zone più appropriate o con maggiori vincoli e limiti per la perforazione. Questo ha permesso di individuare e localizzare sulla mappa geologica della regione Veneto le stratigrafie del sottosuolo con le relative proprietà di perforabilità ritenute le più adatte all'utilizzo della tecnologia e della metodologia innovativa di perforazione brevettata [7].

Questi database e le relative mappe geologiche (Figura 3) potranno essere molto utili ai perforatori e ai progettisti per accelerare e facilitare l'analisi di fattibilità di un impianto geotermico (valutazione preliminare dei benefici energetici e dei relativi costi).

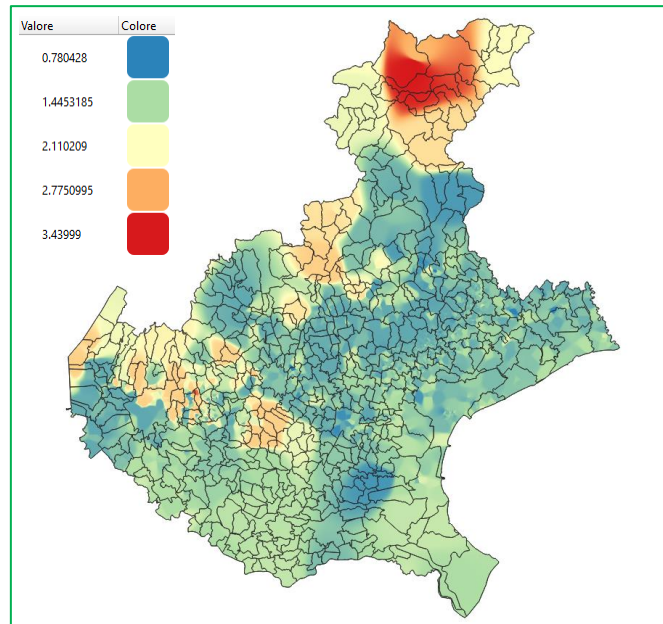


Figura 3: Mappa di conducibilità per una profondità di 90m

### 3.2 ARCHETIPI E SIMULAZIONI DINAMICHE PER IL FABBISOGNO ENERGETICO

Per sviluppare l'algoritmo è stato necessario identificare gli archetipi rappresentanti gli edifici tipici su scala locale della regione, andando a identificare diverse tipologie suddivise in case singole, edifici plurifamiliari e condomini di varie dimensioni. Per questa analisi, sono stati raccolti i dati relativi alla tipologia degli edifici esistenti e nuovi presenti nella Regione Veneto.

I risultati, frutto anche di una collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria industriale dell'Università di Padova e il CNR-ISAC di Padova, hanno identificato sei tipologie di edifici principali che riguardano: casa singola; casa bifamiliare; casa a schiera; condominio da 4 appartamenti; condominio da 8 appartamenti e casa quadrifamiliare. Nella scelta di queste sei tipologie è stato tenuto conto anche delle loro caratteristiche costruttive e dei livelli di isolamento.

Una volta definite le suddette tipologie di archetipi, per ognuna di esse è stato ricercato un edificio realmente esistente, oggetto di simulazione energetica e successiva validazione dei risultati ottenuti.

Il passo successivo è stato la creazione dei modelli geometrici degli edifici in questione attraverso l'utilizzo del software Google-SKETCH-UP.

In Figura 4 sono mostrati alcuni dei modelli geometrici creati.

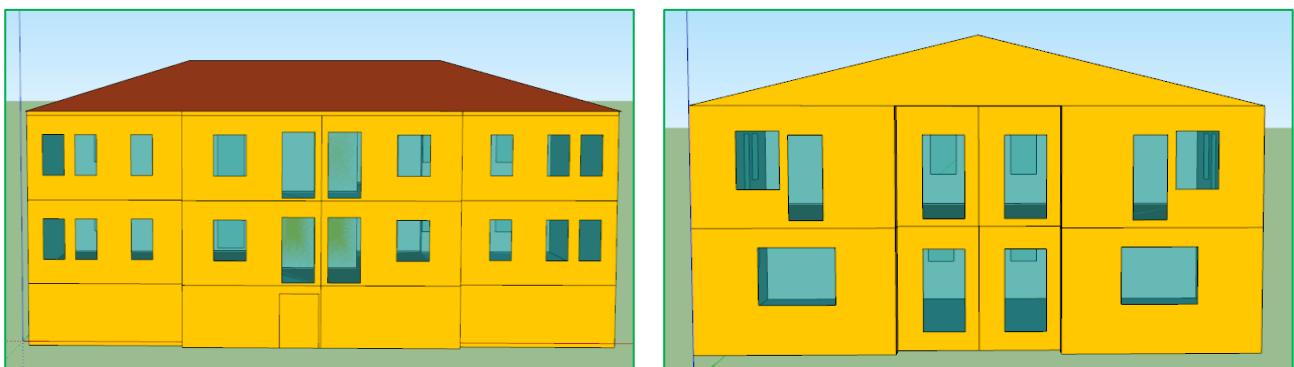


Figura 4: Modelli geometrici degli archetipi: a sx "Condominio 8 appartamenti", a dx "Bifamiliare"

Questi modelli geometrici così creati sono stati importati nel software di simulazione TRNSYS18. Il programma è strutturato in due diverse applicazioni, TRNBuild e Simulation Studio, rispettivamente l'applicativo che permette di inserire le caratteristiche costruttive e termiche dell'edificio e le relative condizioni microclimatiche interne e l'applicativo che permette di eseguire la simulazione termica vera e propria. Sono state quindi definite le stratigrafie delle pareti, considerando due livelli differenti e alternativi di isolamento, la composizione delle finestre, i ricambi d'aria, le programmazioni di accensione e spegnimento degli impianti di riscaldamento e raffrescamento e le relative temperature di *setpoint* per ciascun edificio. Questo ha permesso di procedere con la simulazione energetica tenendo in considerazione la climatologia veneta classificabile come E secondo DPR 412/93 [8].

I risultati delle simulazioni hanno portato alla creazione di un database, attraverso cui è possibile estrapolare, per ogni tipo di edificio, il fabbisogno mensile medio per il riscaldamento o raffrescamento in funzione delle caratteristiche specifiche.

### **3.3 ALGORITMO SEMPLIFICATO**

I risultati ottenuti dall'elaborazione delle mappe geologiche e delle simulazioni energetiche hanno costituito un database attraverso cui è stato possibile, tramite l'algoritmo semplificato creato ad hoc, associare ad ogni comune un valore di conducibilità termica del terreno, in funzione di tre diverse profondità prefissate, e ad ogni tipologia di edificio un carico termico, valutato sull'effettiva superficie dell'abitazione e sul livello di isolamento termico.

In sintesi, l'algoritmo semplificato consiste in un foglio di calcolo in cui è implementato il metodo di dimensionamento di un campo geotermico, definito da ASHRAE [9]. Una volta effettuato il dimensionamento, lo stesso foglio di calcolo restituisce una valutazione economica basata sul costo dell'investimento iniziale e il tempo di ritorno dell'investimento se confrontato con le medesime tecnologie attualmente in commercio.

Per far ciò, l'algoritmo sviluppato ha tenuto in considerazione i minori costi di perforazione e la maggiore efficienza delle sonde geotermiche innovative. Il confronto, a parità di tecnologia, è stato perciò effettuato tendendo in considerazione i prezzi di sonde e perforazioni degli impianti geotermici tradizionali mentre, per quanto riguarda i generatori di calore, è stata mantenuta la medesima pompa di calore geotermica (taglia, marca e modello).

Per permettere un facile ed immediato utilizzo agli operatori di vario livello, l'algoritmo richiede quattro dati di input facilmente reperibili:

- Comune in cui ricade l'abitazione;
- Tipologia di abitazione;
- Livello di isolamento dell'abitazione;
- Superficie dell'abitazione.

Bastano questi pochi dati per ottenere immediatamente uno studio di fattibilità tecnico-economico di un impianto geotermico ad uso residenziale.

## **4. VALUTAZIONI ECONOMICHE**

La valutazione economica ha riguardato in primo luogo i costi di perforazione: gli scambiatori di calore innovativi e il loro metodo di installazione [7] sono stati confrontati con la tecnologia di perforazione tradizionale per le sonde a doppia U.

Attraverso una ricerca di mercato, effettuata grazie a dati forniti da perforatori e manager di società del settore, è stata costruita una struttura dettagliata dei costi. Successivamente è stata effettuata una stima dei

costi futuri previsti per l'installazione degli scambiatori di calore innovativi ed è stata poi messa a confronto con i costi legati alle sonde geotermiche convenzionali.

I parametri considerati in questa valutazione sono stati: il trasporto e la configurazione del sito, la manodopera, i materiali usati per lo scambiatore di calore, il materiale per la cementazione del foro, l'ammortamento della macchina perforatrice e le spese di consumo.

Nell'analisi di costo, sono stati considerate due tipologie di terreno differenti, legati a diversi metodi e costi di perforazione: un terreno a grana fine composto da argilla, limo, sabbia e un terreno più compatto composto da argilla consolidata, sabbia grossa e ghiaia.

Sulla base di una stima dei carichi di riscaldamento e raffreddamento di un condominio ben isolato con quattro appartamenti sono stati stimati e messi a confronto, a titolo d'esempio, i costi di perforazione per ottenere 15 kW di potenza come rappresentato in Tabella 2.

Tabella 2: Costi di perforazione per 15 kW di potenza estratta

<b>Tipologia di scambiatore</b>	<b>Doppia U</b>	<b>Doppia U</b>	<b>Sonde coassiali innovative</b>	<b>Sonde coassiali innovative</b>
<i>Installazione</i>	5 x 100 m	5 x 100 m	5 x 78 m	5 x 78 m
<i>Tipo di suolo</i>	Non consolidato	Grossolano	Non consolidato	Grossolano
<i>Costo (€)</i>	26'360 €	31'130€	20'125€	25'730€

I principali vantaggi degli scambiatori di calore coassiali innovativi sono:

1. I maggiori tassi di estrazione dell'energia, dimostrati in progetti di ricerca europei [1 e 2] in condizioni transitorie durante il ciclo della pompa di calore, portano a un numero inferiore di metri di sonde da installare per la stessa quantità di energia estratta
2. L'uso di macchine di perforazione più compatte, associate alla metodologia di installazione e al tipo di scambiatore di calore, comporta costi di utilizzo della macchina e di installazione inferiori.

Questi vantaggi si riflettono in un costo inferiore del 15-25 % una volta completato lo sviluppo di questi scambiatori coassiali innovativi di calore: per tale motivo, come mostrato in Tabella 2, a parità di potenza da estrarre questi scambiatori richiedono una lunghezza inferiore.

A tutto ciò si aggiungono le valutazioni sulle le pompe di calore ibride di recente sviluppo che utilizzano l'aria o l'energia geotermica come fonte di calore in funzione della temperatura dell'aria esterna. Ciò comporta un minore carico energetico al campo geotermico, consentendo un'ulteriore riduzione del 10 – 15 % della lunghezza totale degli scambiatori di calore da installare e quindi di costi.

Le riduzioni dei costi descritti renderanno quindi più appetibile l'uso della geotermia per il riscaldamento e il raffreddamento, soprattutto viste le attuali politiche di decarbonizzazione che presto vireranno verso una legislazione a favore delle fonti di energia rinnovabile.

Le soluzioni di riscaldamento e raffrescamento geotermico dipendono in sostanza dal tipo di edificio (casa singola, casa bifamiliare, piccoli condomini) e dal suolo, nonché dalla selezione della pompa di calore più opportuna e dai terminali di riscaldamento/ raffreddamento. L'uso di questi sistemi rappresenta la migliore alternativa nel prossimo futuro all'uso delle attuali pompe di calore aria-acqua.



## 5. CONCLUSIONI

Basandosi su risultati tecnologici innovativi provenienti da due progetti europei di H2020 (Cheap-GSHPs [1] e GEO4CIVHIC [2]), nell'ambito del progetto "VENETO GEOTERMIA INNOVATIVA" è stato sviluppato un algoritmo innovativo e semplificato che permette agli operatori nel campo (tecnici, architetti, ecc.), prima di effettuare un intervento di riqualificazione edilizia, di realizzare uno studio preliminare sulla fattibilità dell'uso di sonde geotermiche innovative sia in termini tecnici che economici.

Questo studio preliminare può infatti dare indicazioni sul tipo di intervento, stabilendo la lunghezza totale dello scambiatore a terreno e quindi il numero di sonde da utilizzare per il suolo presente nella specifica zona di applicazione, su quali potrebbero essere le necessità di carico termico e impiantistico e sul potenziale tempo di ritorno dell'investimento. Questo permette una valutazione, se comparato ad altre tecnologie attualmente maggiormente diffuse, sulla convenienza economica dell'intervento.

Concretamente è stato costruito un algoritmo di semplice utilizzo, attraverso cui l'operatore o il cittadino inserisce i dati geografici ed energetici richiesti e ottiene una valutazione geologica-energetica-economica sull'impianto geotermico più adatto alla situazione specifica. La possibilità di scegliere tra 563 comuni della regione Veneto e tra sei differenti tipologie di edificio dà al codice una notevole versatilità. Il numero limitato di dati richiesti per il funzionamento e la chiarezza dei risultati rende di facile lettura un risultato altrimenti complesso, poiché frutto di un articolato processo di dimensionamento.

I principali vantaggi risultano quindi:

- ✓ avere un algoritmo semplice che può essere usato da qualsiasi utente e operatore;
- ✓ fornire informazioni di base sulla geologia del Veneto per la valutazione dell'applicabilità di sistemi a pompe di calore a bassa profondità;
- ✓ essere versatile in quanto ha la possibilità di essere applicato a diversi tipi di edifici già classificati in definiti archetipi rappresentativi dell'edilizia del Veneto;
- ✓ indirizzare in maniera efficace le strategie di riqualificazione energetica basata su energie alternative, in particolare la geotermia poco sfruttata e conosciuta ma di grande potenzialità.

Tutto questo permetterà a operatori di vario livello conoscitivo di effettuare una preliminare valutazione, sia tecnica che economica, sull'applicabilità dei sistemi geotermici a bassa entalpia in casi specifici di edilizia, massimizzando l'uso dell'approvvigionamento di energia rinnovabile negli edifici e nei distretti della Regione Veneto.

Aumentando l'utilizzo di questi sistemi e ampliando la diffusione della tecnologia, il costo per il riscaldamento e il raffrescamento di edifici e distretti si potrà ridurre così come le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Le condizioni climatiche della regione sono inoltre tali da non interferire con l'equilibrio termico del sottosuolo garantendo così l'efficienza a lungo termine del sistema di riscaldamento e raffrescamento poiché il suolo viene ricaricato in modo equilibrato del calore ceduto al sistema ogni anno in estate e impoverito in inverno.

È chiaro che in futuro occorrerà sempre di più ricorrere anche a tale fonte alternativa di energia, ma la consapevolezza delle possibilità che la geotermia ha raggiunto è assolutamente lontana dall'essere accettabile in Italia in generale, nel Veneto in particolare. Le innovazioni sono già state sperimentate in campo e hanno dimostrato ottimi risultati, con tecnologie che permettono installazioni più veloci, meno invasive e meno onerose che nel passato.

## **RINGRAZIAMENTI**

Il finanziamento di questo studio è stato effettuato nell'ambito del POR FESR ASSE 1 AZIONE 1.1.1, BANDO PER IL SOSTEGNO A PROGETTI DI RICERCA CHE PREVEDONO L'IMPIEGO DI RICERCATORI della Regione Veneto.

Si ringrazia inoltre in particolare il Prof Antonio Galgaro, la Dott.ssa Eloisa Di Sipio e l'Ing. Giorgia Dalla Santa (Università di Padova - Dipartimento di Geoscienze), il Prof. Michele De Carli (Università di Padova - Dipartimento di Ingegneria Industriale), la Dott.ssa Adriana Bernardi e l'Ing. Shabnam Javanshir del CNR-ISAC di Padova, il Dott. Alberto Stella e l'Ing. Alessandro Stella di Georicerche srl e il tecnico perforatore Loris Berto di Geoservizi2 srl.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Progetto Europeo H2020 Cheap-GSHPs: <http://cheap-gshp.eu/>
- [2] Progetto Europeo H2020 GEO4CIVHIC: <http://www.geo4civhic.eu>
- [3] Progetto di ricerca VIGOR: <https://www.igg.cnr.it/ricerche/progetti-finanziati/vigor>
- [4] Banca dati ISPRA: <http://portalesgi.isprambiente.it/>
- [5] Progetto INTER-REG LEGEND (<http://cittametropolitana.ve.it/linkhome/webgis-geologia.html>)
- [6] Dalla Santa G et al. (2020). "An updated ground thermal properties database for GSHP applications". *Geothermics*, 85, 101758. doi: 10.1016/j.geothermics.2019.101758
- [7] Righini, R. D., & Pockelé, P. L. (2018, dicembre 17). Procedimento e dispositivo di installazione nel sottosuolo di una sonda geotermica coassiale (102018000011157). Contadin Giorgio, Notarbartolo & Gervasi S.p.A. Galleria Europa 3 35137 Padova.
- [8] Climatologia veneta classificabile come E, secondo D.P.R. 412/93
- [9] Kavanaugh SP, Rafferty K. "Ground source heat pumps. Design of geothermal systems for commercial and institutional buildings". USA: ASHRAE; 1997
- [10] Capozza A, De Carli M, Galgaro A, Zarrella A (2012), "Linee Guida per la progettazione dei campi geotermici per pompe di calore", URL: <http://www.rse-web.it/documenti/documento/314725>