



COMUNE DI MALNATE
(Prov. Varese)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

AGGIORNAMENTO 2023

DICEMBRE 2023

Soggetto incaricato:

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Parmigiani

Studi e progetti nel settore della geologia

Via R. Sanzio n. 3 - 21049 Tradate (VA)
Tel./Fax 0331/810710
E-Mail geologoparmigiani@gmail.com

I progettisti:

Dott. Geol. Marco Parmigiani



Con la collaborazione di:

ETATEC
STUDIO PAOLETTI
SOCIETÀ DI INGEGNERIA



Via Bassini n. 23 - 20133 MILANO
Tel. 02/26681264 Fax 02/26681553
E-Mail: etatec@etatec.it

Dott. Ing. Cristina G. Passoni



STUDIO TECNICO ASSOCIATO

CARNEVALI GARBIN

via O. Pajetta n. 9 - 21020 Taino (VA)
Tel./Fax .0331/957319
E-Mail carnevaligarbin@interfree.it

Dott. Ing. Giancarlo Garbin



TITOLO

Carta geoenergetica orientativa per la valutazione della fattibilità
dei sistemi geotermici a bassa entalpia

NOTE ESPLICATIVE

Revisioni	N°	Descrizione	Data
	1	Prima emissione	Dicembre 2023
	2		
Numero elaborato	COMMESSA Va1015	DOCUMENTO PGT	TIPOLOGIA Rel
		NUMERO unica	



CITTA' DI MALNATE
Provincia di Varese

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
AGGIORNAMENTO 2023

**CARTA GEOENERGETICA ORIENTATIVA PER LA VALUTAZIONE DELLA
FATTIBILITÀ DEI SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA**

NOTE ESPLICATIVE

Sommario:

1	PREMESSA.....	1
2	METODOLOGIA E OBIETTIVI.....	1
3	CRITERI E DATI DI BASE	2
4	CARTA DI IDONEITÀ ALL'UTILIZZO DI SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO APERTO (POZZI) IN ACQUIFERI POROSI	3
4.1	SOGGIACENZA DELLA FALDA DAL PIANO CAMPAGNA (S)	3
4.2	SPESSORE DEI DEPOSITI POROSO – PERMEABILI (P).....	3
4.3	TEMPERATURA MEDIA DELLA FALDA (T)	4
4.4	ATTRIBUZIONE DEL GRADO DI IDONEITÀ	4
5	CARTA DI IDONEITÀ ALL'UTILIZZO DI SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO CHIUSO (SONDE VERTICALI).....	5
5.1	SOGGIACENZA DELLA FALDA DAL PIANO CAMPAGNA (S)	5
5.2	PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO ROCCIOSO (H)	5
5.3	ATTRIBUZIONE DEL GRADO DI IDONEITÀ	6
6	VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ DEI SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA: IL TERRITORIO DI MALNATE	7
7	POTENZIALE GEOTERMICO INDICATO NELLA CARTA GEOENERGETICA DELLA REGIONE LOMBARDIA	8

1 PREMESSA

Al fine di favorire una maggiore conoscenza degli ambiti di sfruttamento della risorsa geotermica, quindi una più sistematica diffusione della tecnologia, a tutti i livelli pianificatori la redazione di “Carte geotermiche” a supporto della pubblica amministrazione e di progettisti e installatori ha assunto nel corso del tempo maggiore rilevanza.

La realizzazione di una cartografia geotermica per la valutazione della fattibilità dei sistemi geotermici a bassa entalpia è quindi uno strumento strategico di supporto alle politiche pubbliche di sviluppo territoriale per gli Enti Locali e all'individuazione delle aree più idonee all'installazione degli impianti per gli operatori e i cittadini.

È doveroso specificare che le informazioni fornite con la Carta Geotermica hanno carattere indicativo e non possono sostituire gli studi specifici approfonditi che vanno comunque realizzati per verificare la realizzabilità di un impianto e il suo corretto dimensionamento.

Inoltre, va sottolineato che la zonazione è basata unicamente su criteri di tipo idrogeologico o geotermico (soggiacenza della falda, spessore dei depositi permeabili, profondità del substrato roccioso, ecc.), e non sono stati considerati altri elementi tecnici e normativi (discariche, siti contaminati, frane attive, aree carsiche/cavità, aree di tutela e protezione delle acque ad uso pubblico, ecc.) che possono costituire impedimento alla realizzazione dei sistemi geotermici.

Va considerato infine che la cartografia non esprime nei suoi contenuti la possibilità che un impianto geotermico possa essere o meno autorizzato in un determinato areale, in quanto i pozzi di estrazione e restituzione o le sonde geotermiche devono essere assoggettate ad un proprio iter autorizzativo previsto per legge.

Nonostante tali limitazioni, la Carta Geotermica resta comunque uno strumento utile a definire aree a diversa vocazione per lo sfruttamento della risorsa geotermica, orientando già le scelte sulla tecnologia più adeguata per lo scambio termico con acqua di falda estratta tramite pozzi o tramite sonde verticali a circuito chiuso.

2 METODOLOGIA E OBIETTIVI

La redazione della presente Carta Geotermica orientativa è basata sui contenuti e le indicazioni di:

- D.G.R. n. VIII/10965 del 30 dicembre 2009 – *Criteri per la redazione della Carta Geotermica regionale in attuazione dell'art. 10, comma 7, della l.r. n. 24/2006*
- *Mappe d'idoneità per l'utilizzo di sistemi geotermici a circuito aperto (pozzi) e chiuso (sonde verticali) in provincia di Monza e della Brianza*, prodotto dall'omonima provincia nell'ambito del Progetto GRETA (Near-surface Geothermal Resources in the Territory of the Alpine Space, progetto co-finanziato dal Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale attraverso il Programma Spazio Alpino)

Lo scopo è quello di definire aree a diversa vocazione allo sfruttamento della geotermia, sulla base di criteri che tengano conto delle caratteristiche geologiche, idrologiche e geotermiche, distinguendo tra aree "Non Favorevoli", "Poco Favorevoli", "Favorevoli" e "Molto Favorevoli" all'utilizzo dei sistemi geotermici a pompa di calore basati sullo scambio termico o con l'acqua di falda tramite pozzi o tramite sonde verticali.

3 CRITERI E DATI DI BASE

Per la redazione della Carta Geoenergetica sono stati raccolti, elaborati, integrati e sintetizzati tutti i dati disponibili sia nella Componente Geologica del PGT che nelle cartografie tematiche e nei database esistenti a livello provinciale e regionale.

Le informazioni di interesse per la redazione della carta sono le seguenti:

- A. Dati geologici: informazioni desunte dall'ultimo aggiornamento della Componente Geologica comunale relative ai caratteri litologici (presenza e tipologia di depositi sciolti o di substrato roccioso) e geomorfologici (aree di versante/scarpata, aree connesse ai corsi d'acqua).

È stato valutato inoltre lo spessore dei depositi poroso – permeabili, con specifica attenzione agli strati acquiferi, incrociando i dati della componente geologica e delle stratigrafie dei pozzi per acqua presenti sul territorio, con le sezioni contenute nel Piano Cave della Provincia di Varese (anno 2008).

- B. Dati idrogeologici: informazioni desunte dall'ultimo aggiornamento della Componente Geologica comunale relative ai caratteri idrogeologici quali presenza o meno di falda idrica significativa e soggiacenza della stessa.

I dati di temperatura della falda sono stati desunti dal database di ARPA Lombardia, aggiornato al 2021, contenente i valori analitici del monitoraggio sulle acque sotterranee.

- C. Dati sugli impianti esistenti: informazioni puntuali sull'ubicazione, numero di sonde e caratteristiche degli impianti esistenti reperite dal Registro Sonde Geotermiche presente sul sito <http://www.rinnovabililombardia.it/rsg>.

La sintesi delle suddette informazioni ha permesso di perimetrare zone del territorio comunale che presentano caratteristiche omogenee, a diversa vocazione allo sfruttamento della geotermia, analogamente a quanto già realizzato dalla Provincia di Monza e Brianza.

4 CARTA DI IDONEITÀ ALL'UTILIZZO DI SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO APERTO (POZZI) IN ACQUIFERI POROSI

I parametri principali che condizionano il grado di idoneità all'utilizzo di sistemi a pompa di calore geotermica basati su pozzi d'acqua sono i seguenti:

- soggiacenza della falda(S)
- la permeabilità dell'acquifero (P)
- la temperatura della falda(T)

Ai suddetti parametri sono stati attribuiti diversi indici in funzione della loro influenza sull'estraibilità/reiniettabilità dell'acqua in acquifero e sull'efficienza termica dello scambio.

4.1 Soggiacenza della falda dal piano campagna (S)

Relativamente al parametro “soggiacenza”, in corrispondenza delle aree con presenza di falda significativa, sono state individuate le seguenti classi:

Classe	Indice	Valutazione	Motivazione
0 - 5 m	1	Non favorevole	possibili problemi nel pozzo di reiniezione (risalita a p.c.)
5 - 15 m	4	Molto favorevole	potenze molto basse richieste dalla pompa
15 - 30 m	3	Favorevole	potenze medio-basse richieste dalla pompa
30 - 70 m	2	Poco favorevole	potenze medio-elevate richieste dalla pompa
> 70 m	1	Non favorevole	potenze elevate richieste dalla pompa

4.2 Spessore dei depositi poroso – permeabili (P)

In corrispondenza delle aree con presenza di falda significativa, è stato valutato lo spessore dei depositi poroso – permeabili, individuando le seguenti classi:

Classe	Indice	Valutazione	Motivazione
0 - 10 m	1	Non favorevole	spessore molto esiguo dei livelli permeabili
10 - 25 m	2	Poco favorevole	spessore medio-basso dei livelli permeabili
25 - 40 m	3	Favorevole	spessore elevato dei livelli permeabili
> 40 m	4	Molto favorevole	elevato dei livelli permeabili

4.3 Temperatura media della falda (T)

Per il parametro “temperatura” si individuano solo due condizioni:

Classe	Indice	Valutazione	Motivazione
T>15	2	Poco favorevole	temperature elevate reiniezione in estate
10<T<15	3	Favorevole	intervallo di T favorevole sia in estate sia in inverno

4.4 Attribuzione del grado di idoneità

Il grado di idoneità è dato dalla somma degli indici attribuiti alle diverse aree secondo il seguente criterio:

$$\text{Valutazione} = 2x(S) + (P) + (T)$$

Il metodo consente di definire le seguenti classi di idoneità all'utilizzo:

- **Non favorevole** (1 – 6 punti): non sono consigliabili sistemi a circuito aperto a causa delle profondità elevate di raggiungimento della falda (o della bassissima soggiacenza della stessa) e/o della scarsa permeabilità dell'acquifero.
- **Poco favorevole** (6 – 9 punti): la soggiacenza medio elevata della falda freatica e/o la permeabilità medio-bassa dell'acquifero rendono poco favorevole l'utilizzo di sistemi a circuito aperto; non si esclude la possibilità di realizzare sistemi geotermici basati su basse portate di emungimento, oppure di portate più elevate posto che queste siano dimostrate da studi e indagini locali.
- **Favorevole** (9 – 12 punti): le profondità facilmente raggiungibili della falda e/o la permeabilità medio-elevata dell'acquifero supportano la possibilità di sviluppo di sistemi geotermici a circuito aperto; l'emungimento di portate elevate va tuttavia supportata da studi specifici.
- **Molto favorevole** (12 – 15 punti): le condizioni di soggiacenza e/o permeabilità degli acquiferi è ideale per lo sviluppo di sistemi geotermici a circuito aperto; l'emungimento di portate elevate va tuttavia supportata da studi specifici.

La suddetta analisi è valida solo per gli acquiferi porosi, pertanto, in condizioni di substrato roccioso affiorante o a debole profondità, è stato assegnato un grado di idoneità all'utilizzo di sistemi a circuito aperto pari a **1 (non favorevole)** a prescindere dalle altre condizioni.

5 CARTA DI IDONEITÀ ALL'UTILIZZO DI SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO CHIUSO (SONDE VERTICALI)

Dall'analisi dei valori di conducibilità termica dei terreni, ricavati dai risultati dei Test di Risposta Termica condotti su alcuni impianti installati e riportati nel Registro Sonde Geotermiche, si osserva che le conducibilità termiche per la zona di interesse sono mediamente sempre superiori a 2 W/(mk), quindi tendenzialmente alte, tanto da poter considerare il grado di idoneità all'utilizzo di sonde verticali come "favorevole" o "molto favorevole".

A questo punto, i parametri che condizionano il grado di idoneità all'utilizzo di sistemi a circuito chiuso sono i seguenti:

- soggiacenza della falda (S)
- profondità del substrato roccioso (H)

in quanto lo scambio termico è favorito dalla bassa soggiacenza della falda e dalla presenza a bassa profondità del substrato roccioso, che ha rese maggiori rispetto ai depositi sciolti.

5.1 Soggiacenza della falda dal piano campagna (S)

Relativamente al parametro "soggiacenza", in corrispondenza delle aree con presenza di falda significativa, sono state individuate le seguenti classi:

Classe	Indice	Valutazione	Motivazione
0 - 50 m	4	Molto favorevole	minore è la soggiacenza, maggiore è lo scambio termico dovuto alla frazione di terreno saturo
50 - 100 m	3	Favorevole	

5.2 Profondità del substrato roccioso (H)

Anche per il parametro "profondità substrato" sono state individuate due classi, nelle quali è stato suddiviso l'intero territorio comunale, sulla base della valutazione degli spessori dei depositi quaternari effettuata in precedenza.

Classe	Indice	Valutazione	Motivazione
< 50 m	4	Molto favorevole	minore è la profondità del substrato roccioso, maggiore è l'effetto di scambio termico dovuto ai valori di conducibilità delle rocce, tendenzialmente più elevati rispetto ai valori dei depositi quaternari
>50 m	3	Favorevole	

5.3 *Attribuzione del grado di idoneità*

Tenuto conto dell'elevata influenza che soggiacenza della falda e profondità del substrato roccioso esercitano anche singolarmente sulla potenzialità di scambio termico, il grado di idoneità è dato considerando il valore massimo dei due parametri considerati:

$$\text{Valutazione} = \text{MAX} (S, H)$$

definendo quindi le seguenti classi di idoneità all'utilizzo:

- **Favorevole** (3 punti): la soggiacenza della falda è elevata e il substrato roccioso si riscontra ad elevate profondità, ma i valori di conducibilità termica dei terreni ricavati dai risultati dei Test di Risposta Termica condotti su alcuni impianti installati e riportati nel Registro Sonde Geotermiche supportano la possibilità di sviluppo di sistemi geotermici a circuito chiuso.
- **Molto favorevole** (4 punti): le condizioni di soggiacenza e/o profondità del substrato roccioso è ideale per lo sviluppo di sistemi geotermici a circuito chiuso.

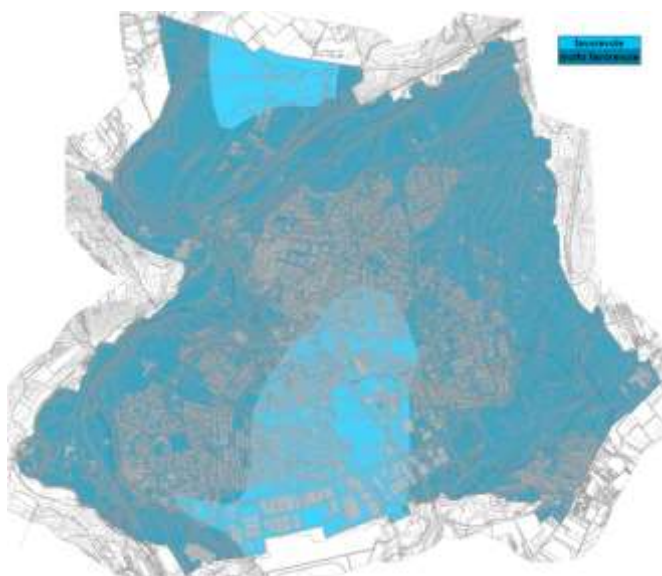
6 VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ DEI SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA: IL TERRITORIO DI MALNATE

La perimetrazione in aree omogenee, a diversa vocazione allo sfruttamento della geotermia, secondo i criteri descritti nei capitoli precedenti, permette di trarre alcune considerazioni sulla fattibilità dei sistemi geotermici sul territorio comunale di Malnate.



La presenza di estese aree prive di falda idrica significativa, con substrato roccioso subaffiorante o a debole profondità e l'elevata soggiacenza della falda freatica ove presente, rende il ricorso a sistemi geotermici a circuito aperto (scambio termico con l'acqua di falda tramite pozzi) mediamente poco o non favorevole.

Fanno eccezione le aree di fondovalle (Fiume Olona e Torrente Ranza), dove la falda si trova mediamente a profondità inferiori a 15 m.



Viceversa, proprio la presenza del substrato roccioso subaffiorante o a debole profondità rende molto favorevole il ricorso a sistemi geotermici a circuito chiuso (scambio termico tramite sonde verticali) sulla maggior parte del territorio comunale

7 POTENZIALE GEOTERMICO INDICATO NELLA CARTA GEOENERGETICA DELLA REGIONE LOMBARDIA

In tavola è stata riportata la zonazione a scala regionale realizzata da Regione Lombardia dei valori di potenziale geotermico legati alla litologia caratteristica del territorio e allo sfruttamento della falda freatica.

I valori di potenziale geotermico indicati per il territorio di Malnate sono di:

- 40 – 50 W/m per le litologie sciolte (depositi glaciali e fluvioglaciali) e 60 – 70 W/m per il substrato roccioso (conglomerati e arenarie del Ceppo e della Gonfolite);
- 40 – 45 W/m relativi allo sfruttamento della falda freatica dove presente.

I valori indicati da Regione Lombardia sono derivati da dati di letteratura scientifica relativi alla conducibilità termica e capacità termica volumetrica delle rocce e alla resa specifica.

Si riportano di seguito le tabelle riportate nell'Allegato A1 della D.G.R. VIII/10965/2009 utilizzate per la definizione dei suddetti valori.

Tab. 1 - Conducibilità termica e capacità termica volumetrica (valori derivati da VDI 4060)

Tipo di Roccia	Conducibilità termica media λ [W/mK]			Capacità termica volumetrica [MJ/m ³ K]
	min.	medio	max	
Rocce magmatiche				
Basalto	1.3	1.7	2.3	2.3-2.6
Diorite	2.0	2.6	2.9	2.9
Gabbro	1.7	1.9	2.5	2.6
Granite	2.1	3.4	4.1	2.1-3.0
Peridotite	3.8	4.0	5.3	2.7
Rhyolite	3.1	3.3	3.4	2.1
Rocce metamorfiche				
Gneiss	1.9	2.9	4.0	1.8-2.4
Marmo	1.3	2.1	3.1	2.0
Metaquarzite		5.8		2.1
Micasisti	1.5	2.0	3.1	2.2
Scisti argillosi	1.5	2.1	2.1	2.2-2.5
Rocce sedimentarie				
Calcan	2.5	2.8	4.0	2.1-2.4
Marne	1.5	2.1	3.5	2.2-2.3
Quarzite	3.6	6.0	6.6	2.1-2.2

Tipo di Roccia	Conducibilità termica media λ [W/mK]			Capacità termica volumetrica [MJ/m ³ K]
	min.	medio	max	
Salgemma	5.3	5.4	6.4	1.2
Arenaria	1.3	2.3	5.1	1.6-2.8
Rocce argillose, limi	1.1	2.2	3.5	2.1-2.4
Rocce non consolidate				
Ghiaie asciutte	0.4	0.4	0.5	1.4-1.6
Ghiaie bagnate		1.8		2.4
Morene	1.0	2.0	2.5	1.5-2.5
Sabbia asciutta	0.3	0.4	0.8	1.3-1.6
Sabbia bagnata	1.7	2.4	5.0	2.2-2.9
Limi e argille asciutti	0.4	0.5	1.0	1.5-1.6
Limi e argille bagnate	0.9	1.7	2.3	1.6-3.4
Torba	0.2	0.4	0.7	0.5-3.8

Tab. 2 - Valori da letteratura scientifica delle rese specifiche per diversi tipi di sottosuolo per sonde geotermiche

Sottosuolo	Rese specifica [W/m ²]
Sottosuolo cattivo (terreno asciutto)	20
Roccia o terreno umido	50
Roccia con alta conducibilità	70
Ghiaia, sabbia, asciutta	< 20
Ghiaia, sabbia, satura	55-65
Argilla, limo, umido	30-40
Roccia calcarea	45-60
Arenaria	55-65
Granito	55-70
Gneiss	60-70

Tab. 3 - Valori da letteratura scientifica delle rese specifiche per diversi tipi di sottosuolo per l'installazione di serpentine

Sottosuolo	Rese specifica [W/m ²]
Suolo sabbioso, asciutto	10-15
Suolo sabbioso, umido	15-20
Suolo coesivo, asciutto	20-25
Suolo coesivo, umido	25-30
Sabbia/ghiaia satura	30-40