

PROMEMORIA Gennaio 2026

Sonde geotermiche: indicazioni per il dimensionamento e per l'applicazione della norma 384/6:2021

Il presente promemoria fornisce indicazioni sul corretto dimensionamento di impianti geotermici in conformità alla norma SIA 384/6:2021. L'obiettivo è evitare sovra o sottodimensionamenti che potrebbero comportare costi elevati o provocare danni. È rivolto agli specialisti della tecnica della costruzione. Alla base vi è la crescente diffusione delle sonde geotermiche, in particolare in ambito urbano. Per affrontare questa situazione vengono presentate indicazioni pratiche relative a progettazione, scelta dell'ubicazione, considerazione degli impianti limitrofi, monitoraggio e rigenerazione.



Obiettivo e scopo

Per progettare, dimensionare e operare una valutazione delle sonde geotermiche occorrono approfondite competenze specialistiche. Le nozioni necessarie per dimensionare impianti semplici possono essere acquisite ad esempio in corsi specifici. Per il calcolo di impianti complessi sono necessari una competenza specialistica e un livello di esperienza significativamente superiori. Il dimensionamento errato delle sonde geotermiche comporta pesanti conseguenze. Per impianti complessi si raccomanda di rivolgersi a tecnici specializzati!

Il sovradimensionamento degli impianti implica investimenti inutilmente elevati. Se gli impianti geotermici sono sottodimensionati, il terreno intorno alle sonde si raffredda eccessivamente, con conseguente incremento dei costi di esercizio. In casi estremi, il sottoraffreddamento può portare alla formazione di permafrost, con danneggiamento della sonda. Talvolta questo può causare il blocco dell'intero impianto geotermico. Questi effetti dimostrano chiaramente la necessità di un dimensionamento appropriato.

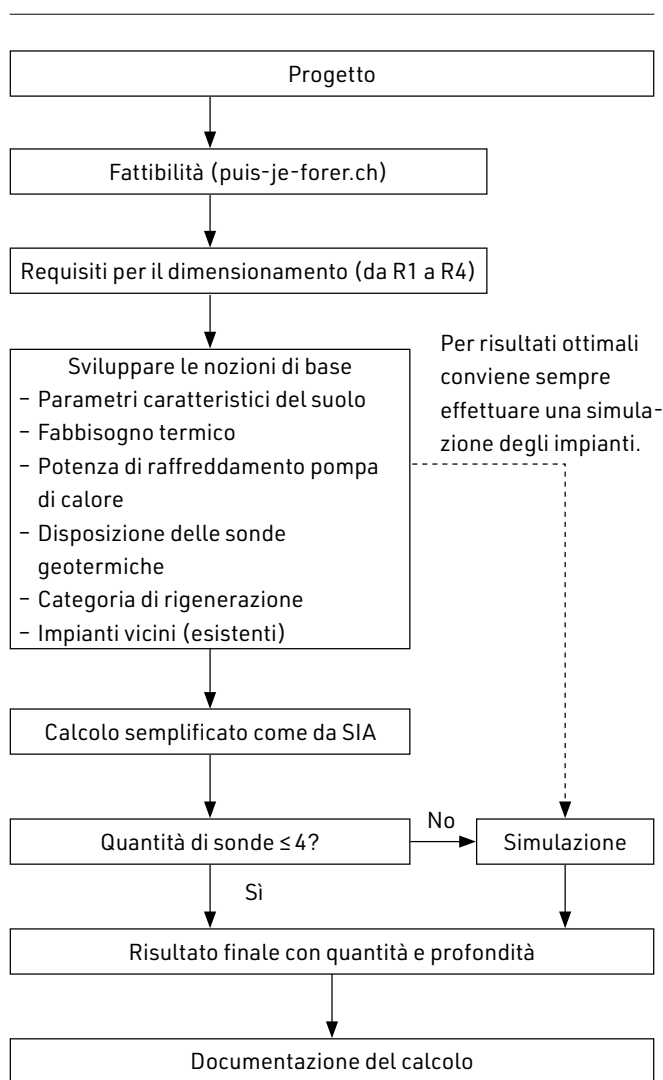
Il presente promemoria non sostituisce la norma. Per l'esecuzione rimane vincolante la norma SIA 384/6:2021.

Principi per il dimensionamento delle sonde geotermiche

Le sonde geotermiche funzionano come un accumulatore termico. Quando viene sottratta energia all'accumulatore, questo si raffredda; viceversa, con l'apporto di energia si riscalda. Le sonde geotermiche sono solitamente dimensionate sulla base di una temperatura limite di $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura media della salsamoia) e una durata minima d'utilizzo di 50 anni. La temperatura dell'impianto geotermico può essere influenzata positivamente aumentando la superficie di trasmissione termica (sonde più lunghe o più numerose) oppure migliorando il bilancio energetico (scarico o rigenerazione). Occorre tenere conto sia di eventuali sonde geotermiche installate nelle vicinanze sia di possibili installazioni future.

Dimensionamento delle sonde geotermiche

La progettazione degli impianti con sonde geotermiche segue un processo sempre identico e dipende esclusivamente dalle basi tecniche elaborate. Lo schema di flusso riportato di seguito illustra il procedimento per il dimensionamento delle sonde geotermiche.



[FIG. 1] Processo per il dimensionamento delle sonde geotermiche.

A tale scopo, suissetec mette a disposizione due programmi accessibili online. Le versioni demo possono essere utilizzate gratuitamente:

- Dimensionamento delle sonde geotermiche secondo SIA 384/6
Calcolo del dimensionamento delle sonde geotermiche incl. rapporto
- Calcolatore per la tecnica della costruzione
Simulazione del sistema di sonda geotermica e pompa di calore, con coefficiente di rendimento risultante

Il dimensionamento deve essere rigorosamente documentato. Per impianti di grandi dimensioni (>300 m di profondità o >6 sonde geotermiche) occorre inoltre realizzare un piano di garanzia della qualità [norma SIA 384/6:2021, cpv. 7.1.6, p. 35].

Determinazione dell'ubicazione

Per mezzo dei dati del sistema informativo geografico (GIS) è possibile rilevare, ad esempio, informazioni su zone vietate o limitazioni relative alle profondità di trivellazione, oltre ai dati sugli impianti vicini e sui profili di perforazione. In caso di dubbio conviene rivolgersi agli uffici cantonali competenti.

Disposizione delle sonde geotermiche

La disposizione delle sonde geotermiche influisce notevolmente sul dimensionamento. Ad esempio, ridotte distanze tra le sonde all'interno del campo sonde comportano un maggior raffreddamento del terreno. Distanze maggiori tra le sonde permettono invece di risparmiare metri di perforazione. Anche la configurazione del campo sonde ha un'importante influenza. L'assetto migliore è quello in linea, mentre i campi rettangolari con sonde «intrappolate» risultano tendenzialmente meno adatti.

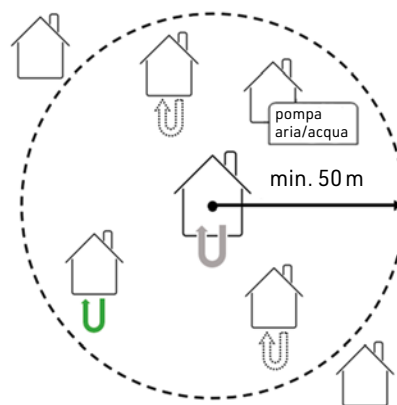
Esercizio dell'impianto geotermico senza antigelo

Quando l'impianto geotermico opera senza antigelo, occorre monitorare la temperatura (protezione della pompa di calore e della sonda geotermica dal gelo).

Rispetto degli impianti vicini

Con la revisione della norma SIA 384/6:2021 si è evidenziata la necessità di tenere conto delle sonde vicine esistenti o future. In base ai dati specifici dell'immobile, della generazione di calore degli edifici vicini e delle fonti di energia esistenti collegate (ad es. teleriscaldamento) è possibile definire i criteri per il dimensionamento (categoria R1-R4, norma SIA 384/6:2021, tab. 2, p. 18). Queste categorie potrebbero essere prescritte anche dalla pianificazione termica comunale o cantonale.

Nella **[FIG. 2]** è illustrata una possibile situazione di vicinanza. Devono essere considerati tutti gli impianti vicini, esistenti o futuri, entro una distanza di 50 m (distanza campi geotermici). Intorno all'impianto interessato si trovano: una pompa di calore aria/acqua, una pompa di calore salamoia/acqua (in verde) e due altri generatori termici. La quota delle future sonde geotermiche deve essere stimata (norma SIA 384/6:2021, cpv. 3.5, p. 23). Nell'esempio sono incluse due sonde geotermiche tratteggiate, che vengono considerate come potenziali installazioni future. La quota prevedibile di sonde geotermiche deve essere determinata in base alla situazione concreta. Si raccomanda di considerare la presenza di grandi impianti vicini, con elevata sottrazione di energia, anche oltre i 50 m di distanza.



[FIG. 2] Esempio di una zona con impianti vicini.

L'impianto geotermico esistente (in verde) deve essere considerato anche ai fini del dimensionamento delle proprie sonde geotermiche. Per il calcolo e per la simulazione si adotta di conseguenza una temperatura del terreno più bassa. L'influenza delle sonde vicine sul dimensionamento del proprio impianto aumenta a seconda della loro vicinanza, età e carico termico. Prestare estrema attenzione in particolare in presenza di sonde posate già da parecchi anni, per le quali si è presupposta una capacità di estrazione termica maggiore! Gli impianti possono essere valutati mediante simulazione oppure sulla base della letteratura specialistica (ad es. 2022, Wagner, R.). Il raffreddamento degli impianti esistenti non deve essere sottovalutato!

Monitoraggio

Nell'arco della vita utile di una sonda geotermica è possibile valutare solo in modo approssimativo come si evolverà l'utilizzo (fabbisogno energetico, utenti, trasformazioni, risanamenti ecc.). Anche le caratteristiche termofisiche dei materiali presenti nelle rocce che circondano le sonde geotermiche non possono essere accertate con sicurezza.

Il modo migliore per evitare i rischi correlati è il monitoraggio. I valori da registrare in ogni caso sono i seguenti:

- temperature annuali minime e massime di salamoia-fluido
- ore di esercizio della pompa di calore
- avvii della pompa di calore

L'ideale è eseguire una misurazione continua di questi valori in combinazione con l'energia elettrica e termica. In base a questi dati è così possibile verificare la situazione in maniera continua o periodica.

Negli impianti critici può essere utile predisporre un sistema di allarme. Le conseguenze di un sottoraffreddamento non rilevato possono variare da perdite di efficienza fino al completo guasto delle sonde geotermiche a causa della formazione di permafrost.

Riconoscere tempestivamente fenomeni di sottoraffreddamento consente di assicurare l'operatività dell'impianto in modo sostenibile attraverso misure di scarico o rigenerazione.

Le pompe di calore odierne si spengono automaticamente al raggiungimento di valori inferiori a quelli minimi impostati. In questi casi è indispensabile effettuare un'analisi delle condizioni delle sonde geotermiche, per evitare un ulteriore sottoraffreddamento. Una sonda geotermica congelata richiede anni, se non decenni, per scongelare; in questo lasso di tempo deve essere impiegato un sistema di riscaldamento alternativo. Il funzionamento prolungato del riscaldamento elettrico d'emergen-

za non compensa una sonda sottodimensionata (vietato ai sensi della legge sull'energia).

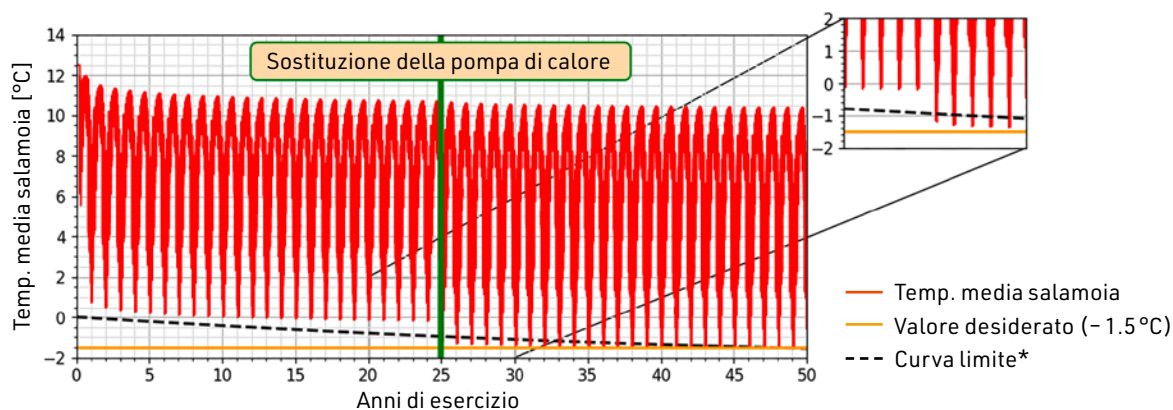
Al più tardi al momento della sostituzione della pompa di calore, le informazioni derivanti dal monitoraggio risultano vantaggiose. Quando si sostituisce la pompa di calore o il dispositivo di misura, prima dello smontaggio devono essere rigorosamente assicurati i dati del vecchio impianto.

Valutazione e analisi

Per valutare un impianto già operativo, le condizioni vengono stimate in base alla temperatura media minima della salamoia registrata nel corso dell'anno. A tale scopo è possibile impiegare il metodo descritto nel promemoria «Sonde geotermiche: scarico o rigenerazione?».

Per poter valutare la situazione attuale effettiva si devono conoscere i fattori d'influenza a cui sono state soggette le sonde geotermiche. Tali fattori riguardano per lo più eventuali modifiche al dimensionamento originale, ad esempio se sono stati realizzati nuovi impianti vicini, se e con che frequenza viene attivato un elemento termico elettrico, se è stata utilizzata una pompa di calore più efficiente o se è cambiato il fabbisogno energetico. Tutti questi aspetti condizionano la temperatura della salamoia, come è illustrato nell'esempio alla **[FIG. 3]**. L'analisi può essere un'operazione complessa e deve essere svolta da persone competenti. La valutazione è richiesta al più tardi al momento di risanare l'impianto, ma può essere utilizzata anche in caso insorgano problemi.

Quando si sostituisce la pompa di calore con una di uguale potenza termica, si verifica un aumento di carico sulla sonda geotermica a causa della maggiore efficienza della nuova macchina. Questo aspetto non deve essere assolutamente trascurato in fase di progettazione e valutazione.



[FIG. 3] Simulazione dell'andamento della temperatura di una sonda geotermica. (Curva limite secondo il promemoria suisselec «Sonde geotermiche: scarico o rigenerazione?»)

Rigenerazione

Per rigenerare le sonde geotermiche si possono utilizzare i procedimenti seguenti:

- geocooling attraverso il riscaldamento a pavimento
- collettori solari termici ad assorbimento selettivo
- collettori ibridi fotovoltaici / termici
- scambiatori di calore ad aria

Con predeterminate superfici di collettori o rendimenti al m² della superficie di riferimento energetico, nell'edilizia residenziale è possibile raggiungere un grado di rigenerazione (norma SIA 384/6:2021, tabella 3, pagina 19). In questo caso non occorre un certificato. Per tutti gli altri casi è richiesta una documentazione del calcolo.

Quando un edificio è raffrescato passivamente attraverso sonde geotermiche (geocooling), è preferibile adottare sonde più corte per sfruttare la temperatura del terreno più bassa. Se l'edificio viene invece riscaldato, vale l'opposto, in quanto le sonde più profonde possono sfruttare una temperatura del terreno più elevata.

Molti impianti esistenti non possono essere rigenerati a lungo termine solo tramite l'immissione di calore. Ciò riguarda soprattutto gli impianti di piccole dimensioni che sono già in stato di sottoraffreddamento. In questi casi l'eventuale risanamento dell'impianto può essere predisposto solo in base a calcoli di simulazione.

Per maggiori informazioni consultare i promemoria suissetec «Sonde geotermiche: scarico o rigenerazione?» e «Raffrescamento con il riscaldamento a pavimento».

Informazioni per la realizzazione di impianti geotermici a pompa di calore

Questo promemoria si concentra prevalentemente sul dimensionamento. Per realizzare impianti con sonde geotermiche si può fare riferimento ad ulteriori documenti utili:

- SIA, norma 384/6:2021
- suissetec, promemoria «Allacciamenti di sonde geotermiche alle pompe di calore»
- Geotherm AG, promemoria «Cantieri per sonde geotermiche» (Geotherm AG)
- ImmoClima Svizzera, promemoria «Riempimento di impianti con sonde geotermiche»

Suggerimenti

- Protezione anti-corrosione: come materiali per le condotte possono essere utilizzati solo la plastica (PE) e l'acciaio inossidabile DIN 1.4307/1.4404/1.4435 (solo nell'edificio).
- Possono altresì essere usate rubinetterie in ottone, che devono essere controllate ogni 10 anni.
- Richiedere i protocolli delle prove di pressione e di riempimento delle perforazioni, che sono determinanti per la tracciabilità.
- Incaricare imprese di trivellazione di qualità certificata dall'Associazione professionale svizzera delle pompe di calore (APP).

Ulteriori informazioni / letteratura

- SIA, norma 384/6:2021 «Sonde geotermiche»
- suissetec, promemoria «Sonde geotermiche: scarico o rigenerazione?»
- suissetec, promemoria «Raffrescamento con il riscaldamento a pavimento»
- suissetec, promemoria «Allacciamenti di sonde geotermiche alle pompe di calore»
- suissetec, Web App «Progettazione della sonda geotermica secondo la norma SIA 384/6»
- suissetec, Web App «Calcolatore per la tecnica della costruzione»
- Faktor Verlag, manuale «Erdwärmesonden – Theorie, Planung, Ausführung» (Sonde geotermiche – teoria, progettazione, esecuzione): 2022, Roland Wagner
- Città di Zurigo, studio «Regeneration von Erdwärmesonden im Zusammenhang mit Nachbaranlagen – RegenOpt» (Rigenerazione delle sonde geotermiche in relazione agli impianti vicini – RegenOpt): 2015
- Città di Zurigo, studio «Methoden der Erdsonden-Regeneration» (Metodi di rigenerazione delle sonde geotermiche): 2017
- UFE, opuscolo informativo «Energia geotermica in Svizzera (in tedesco)»: 2017
- Geotherm AG, «Promemoria su «Cantieri per sonde geotermiche»
- ImmoClima Svizzera, promemoria «Riempimento di impianti con sonde geotermiche»: 2024)

Nota

L'utilizzo di questo promemoria presuppone competenze professionali e va adattato alle concrete circostanze di lavoro. Si declina qualsiasi responsabilità.

Informazioni

Per eventuali domande o richieste di informazioni ulteriori è possibile rivolgersi al caposettore Riscaldamento di suissetec: +41 43 244 73 33, info@suissetec.ch

Autori

Questo promemoria (testi ed elementi grafici) è stato realizzato dalla Commissione tecnica Riscaldamento di suissetec.

Questo promemoria è stato offerto da: