

Ordine dei Geologi delle Marche



**LINEE GUIDA PER LA REALIZZAZIONE DEGLI
IMPIANTI DI GEOSCAMBIO CON IL SOTTOSUOLO
NELLE MARCHE
(GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA)**

Delibera n. 171 del 22/12/2010 dell'Ordine dei Geologi delle Marche

Maggio 2011 – Rev. 03.2



Gruppo di lavoro

Ordine dei Geologi delle Marche:

Farina Daniele (Coordinatore)

Biagiotti Federico

Capponi Giuseppe

Farabollini Piero

Mariani Fabio

Università di Urbino:

Menichetti Marco

Piscaglia Filippo

Renzulli Alberto

Viozzi Paolo

Contributi scritti di:

Farina D. (Ordine dei Geologi delle Marche)

Gennari E. (Ordine dei Geologi delle Marche)

Mariani F. (Ordine dei Geologi delle Marche)

Menichetti Marco (Università di Urbino)

Piscaglia Filippo (Università di Urbino)

Renzulli Alberto (Università di Urbino)

Viozzi Paolo (Università di Urbino)

**Documento discusso e approvato con Delibera n° 171 del 22.12.2010
del Consiglio dell'Ordine dei Geologi delle Marche**

Gennari Enrico (Presidente)
Alessandroni Gigliola (Vice Presidente)
Pignocchi Andrea (Segretario)
Otera Vincenzo (Tesoriere)

Angelelli Loretta
Anibaldi Andrea
Brunelli Marco
Capponi Giuseppe
Farina Daniele
Lattanzi Fabio
Prati Sara

Il presente documento, approvato dal Consiglio dell'ORG Marche, è stato inviato agli uffici competenti della Regione Marche, quale base per successivi approfondimenti e precisazioni sotto il profilo tecnico-amministrativo, finalizzati alla redazione delle NTA di uno specifico atto amministrativo regionale sulla geotermia.



INDICE

Premessa.....	4
----------------------	----------

PARTE PRIMA

ASPETTI TECNICI E PROGETTUALI PER LA REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA TEMPERATURA MEDIANTE SONDE GEOTERMICHE (GEOSCAMBIO)

1 - Caratterizzazione geologica, idrogeologica e termo-fisica preliminare dei terreni interessati alla posa in opera delle sonde geotermiche.....	7
2 - Le sonde geotermiche: tipologie e caratteristiche dei materiali.....	8
3 - Il test di risposta termica (TRT o GRT) per il corretto dimensionamento degli impianti di “grande taglia”.....	10
4 - Tecniche di perforazione: esigenze di produttività della perforazione e di tutela delle falde.....	11
5 - Problematiche relative alle miscele di cementazione della sonda geotermica.....	13
6 - Collaudo idraulico delle sonde: test di tenuta e di portata.....	14

PARTE SECONDA

SISTEMI AD ANELLO APERTO: ASPETTI TECNICI E PROGETTUALI

1 – Generalità.....	15
2 - Elementi di fattibilità e sostenibilità del progetto.....	16
2.1 - Le portate di progetto ed il regime piezometrico degli acquiferi alluvionali.....	16
2.2 - Le temperature di progetto ed il regime termico degli acquiferi alluvionali.....	17
2.3 - Verifica dei vincoli tecnico-normativi ed urbanistici.....	17
2.3.1 - Aree di Salvaguardia dei pozzi.....	17
2.3.2 - Autorizzazione al prelievo ed allo scarico o reimmissione in falda.....	18
2.3.3 – Vincoli di carattere chimico-fisico e microbiologico.....	19

PARTE TERZA

PROCEDIMENTI AUTORIZZATIVI PER GLI IMPIANTI GEOTERMICI: LINEE PROPOSITIVE

1 - Principali criteri classificativi degli impianti e competenze nei procedimenti autorizzativi.....	21
2 - Proposta di regolamento dei progetti geotermici.....	23
2.1 - Aspetti generali.....	23
2.2 - Disposizioni specifiche.....	26
2.2.1 - Impianti ad anello chiuso: Sonde geotermiche verticali ed orizzontali, “sonde idrotermiche”.....	26
2.2.1.1 - Sonde geotermiche.....	26
2.2.1.2 - Sonde idrotermiche.....	27
2.2.2 - Impianti ad anello aperto (o a “doppietto”) per pompe acqua-acqua	28

Definizioni dei termini più utilizzati.....	31
--	-----------



ALLEGATO: SCHEDE TECNICHE SULLE SONDE GEOTERMICHE (M.Menichetti – Università di Urbino)

Premessa

Secondo i dati dell'UGI (Unione Geotermica Italiana) gli utilizzi diretti (non elettrici) della geotermia potrebbero crescere in Italia entro il 2020 fino a 8 volte rispetto ad oggi, dal momento che non devono essere superate barriere tecnologiche e le prospettive di crescita degli impianti di geoscambio con il sottosuolo dipenderanno in gran parte dalla definizione di una idonea legislazione regionale, da politiche di incentivazione pubblica, e dalla disseminazione di una cultura della risorsa geotermica come energia rinnovabile e sostenibile.

Gran parte dei quasi 1000 MW termici di potenza installata in Italia da fonte geotermica derivano da impianti con pompe di calore geotermico (senza prelievo di fluidi) per la climatizzazione di ambienti. Impianti sostenibili per l'ambiente che possono ormai contare su una tecnologia matura, in grado di fornire nell'edilizia soluzioni ottimali dal punto di vista tecnico. La Regione Marche, pur nell'assenza di condizioni geotermiche ad alta entalpia, dispone di un potenziale a bassa temperatura economicamente sfruttabile, che deve quindi trovare la giusta ed opportuna valorizzazione e promozione, soprattutto rispetto al ruolo strategico che questa risorsa energetica può assumere tra le fonti rinnovabili e sostenibili, alla pari del solare termico, fotovoltaico ed eolico. La geotermia ha inoltre il vantaggio di non essere discontinua. Sfruttando infatti la temperatura costante diurna-notturna e stagionale del sottosuolo, che le sonde geotermiche (verticali ad U e a spirale oppure orizzontali) trovano già a pochissimi metri di profondità, le pompe di calore geotermico hanno coefficienti di prestazione (COP) uniformi durante il loro funzionamento e di gran lunga maggiori rispetto alle normali pompe di calore aria-aria. Grazie all'elevata inerzia e capacità termica dell'acqua, analoghe condizioni di stabilità possono essere osservate anche in corpi idrici superficiali di idonea volumetria e profondità (laghi, mare, ecc.) e, soprattutto, nelle acque sotterranee.

Si ritiene che il mondo della ricerca e quello delle professioni che operano nelle scienze della terra, in particolare dei geologi, debbano collaborare per procedere alla valorizzazione, promozione e tutela delle potenzialità geotermiche della Regione Marche.

In assenza di un quadro conoscitivo adeguatamente approfondito ed aggiornato nel settore specifico, e considerata la inadeguatezza degli strumenti normativi e urbanistici vigenti (L.R. 34/92, PPAR/89, ecc. ormai obsoleti) sui quali si è impostata la pianificazione sia provinciale con i PTC, che comunale con i PRG, si ritiene di fondamentale importanza la predisposizione di una Carta Geo



Energetica (CGE regionale e/o provinciale) a supporto di pianificatori, progettisti, installatori e della pubblica amministrazione.

Tale strumento, realizzato sulla base di specifiche tecniche opportunamente predisposte d'intesa con l'Ordine dei Geologi delle Marche e dei ricercatori del settore, dovrà portare alla realizzazione di una *Cartografia tematica di tipo conoscitivo e prescrittivo di base*, dinamica da implementare con un SIT (Web-Gis), contenente le informazioni necessarie per definire gli indirizzi ed i criteri generali per la pianificazione a larga scala (Regionale – Provinciale) indicando il percorso prescrittivo con le precauzioni e le limitazioni all'utilizzo della risorsa geotermica, in particolar modo nei confronti delle risorse idriche superficiali e sotterranee (Vedi definizioni).

In considerazione delle variabilità di conducibilità termica del sottosuolo in relazione alle sue caratteristiche litologiche, fisiche e idrogeologiche, la CGE rappresenterebbe una opportunità per favorire una maggiore conoscenza degli ambiti di sfruttamento e tutela della risorsa e quindi una più sistematica diffusione della tecnologia a livello regionale. Le informazioni della Carta Geo Energetica avranno carattere indicativo e non potranno comunque sostituire gli studi e indagini più approfonditi per la progettazione, realizzazione e gestione di un impianto geotermico. Il grado di attendibilità della Carta Geo Energetica aumenterà nel momento in cui verranno aggiunti sempre nuovi dati derivanti dai successivi impianti geotermici attraverso la creazione di un SIT Regionale e/o Provinciale implementabile nel tempo (con i dati di studio – progetto - collaudo – monitoraggio).

Pertanto, sia per la notevole efficienza delle pompe di calore geotermico che per il contributo che la geotermia a bassa entalpia può fornire alla tutela dell'ambiente (favorendo la graduale diminuzione di produzione di gas che alterano il clima e di pannelli fotovoltaici a rilevante impatto ambientale), questa proposta di linee guida intende fornire nella Regione Marche i criteri per procedere a corrette realizzazioni e dimensionamenti di impianti con pompe di calore geotermico, con particolare riferimento all'efficienza energetica nella realizzazione degli impianti e alla tutela delle risorse (ad es. vari livelli di zone di rispetto delle falde acquifere definite come aree circostanti l'impianto geotermico da opere di captazione di acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano).

L'art. 10 del D.Lgs. n. 22 del 11/02/2010 relativo alla normativa sulla geotermia definisce le "piccole utilizzazioni locali" della risorsa geotermica, funzionanti sia con prelievo di acque calde sia con semplice scambio di calore con il terreno, di competenza delle Regioni (o degli Enti da esse delegati) con "funzioni amministrative, comprese le funzioni di vigilanza". Secondo il suddetto D.Lgs. le "piccole utilizzazioni locali" si dividono in: (i) utilizzazioni con prelievo di fluidi geotermici o acque calde entro certi limiti di potenza termica e di profondità dei pozzi e (ii) utilizzazioni che scambiano semplicemente calore con il terreno senza prelievo di fluidi.



Nonostante il modesto impatto ambientale, l'utilizzo del sottosuolo a scopo geotermico presenta una serie di criticità da affrontare, sia sul piano tecnico nell'ambito della verifica della specificità di ogni singolo progetto che sul piano della salvaguardia qualitativa e quantitativa e della pianificazione e gestione della risorsa stessa.

Questa proposta di linee guida regionali, in considerazione di quanto previsto dalla normativa nazionale vigente (nello specifico delle linee guida ministeriali di cui al Decreto 10.09.2010, in attuazione del D.lgs.387/03), ha come obiettivi la regolamentazione nel territorio della Regione Marche della realizzazione e gestione degli impianti geotermici di bassa temperatura, con particolare riguardo:

- alla necessità di accesso pubblico a dati geognostici e cartografie di potenzialità geotermiche di bassa temperatura (cioè $T < 90^{\circ}\text{C}$ come da D.Lgs. n. 22 del 11/02/2010) del territorio della Regione Marche (Carta Geo Energetica regionale);
- alle indagini geologiche, idrogeologiche e geognostiche preliminari alla realizzazioni degli impianti, finalizzate alla verifica delle modifiche che tali impianti possono arrecare all'assetto fisico del sottosuolo, in particolare di quello geologico ed idrogeologico;
- alle indicazioni di massima sulle modalità di realizzazione a regola d'arte degli impianti, dalla perforazione alla messa in opera delle sonde geotermiche e relativa cementazione con materiali idonei a garantire gli acquiferi, fino ai test di tenuta idraulica delle sonde geotermiche;
- alla necessità di procedere al corretto dimensionamento degli impianti ricorrendo (ove necessario per dimensioni) a specifiche prove *in situ* di conducibilità del sottosuolo (TRT; Test di Resa Termica) o test di laboratorio (termoflussimetro);
- alla necessità di analizzare correttamente le dinamiche idrogeologiche, idrauliche, chimico-fisiche, termo-fisiche e geotecniche connesse con l'utilizzo diretto ai fini geotermici delle acque sotterranee e dei corpi idrici superficiali (vedi impianti "ad anello aperto" e "ad anello chiuso").
- alla necessità di una corretta pianificazione finalizzata all'individuazione di aree da assoggettare a limitazioni, tutela e/o prescrizioni per la realizzazione degli impianti geotermici a bassa temperatura;
- ai contenuti delle domande autorizzative, degli studi geologici e idrogeologici e geotecnici, degli elaborati progettuali e dei documenti di collaudo, gestione e monitoraggio (fino al termine del funzionamento dell'impianto);



- alla necessità di uniformare a livello regionale l'iter autorizzativo per la realizzazione degli impianti che definisca chiaramente le responsabilità dei progettisti, delle ditte esecutrici, della Direzione lavori, dei collaudatori e degli Enti preposti alla vigilanza.

PARTE PRIMA

ASPETTI TECNICI E PROGETTUALI PER LA REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA TEMPERATURA MEDIANTE SONDE GEOTERMICHE (GEOSCAMBIO)

1 - Caratterizzazione geologica, idrogeologica e termo-fisica preliminare dei terreni interessati alla posa in opera delle sonde geotermiche

Per una corretta realizzazione degli impianti a sonde geotermiche, occorre definire le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sottosuolo (serbatoio geotermico) mediante la conoscenza di:

- stratigrafia dei terreni che saranno oggetto di perforazione;
- caratteristiche qualitative e quantitative delle falde che saranno attraversate;
- caratteristiche termiche del sottosuolo;
- presenza di eventuali altre sonde geotermiche per la valutazione di interferenze.

Si deve, inoltre, tenere conto dell'eventuale effetto dovuto alla presenza di falde idriche e della loro direzione di flusso.

Per il dimensionamento e la progettazione di impianti di "piccola taglia" così come definiti al Cap.3, Parte Prima di queste Linee Guida, i parametri termici del sottosuolo possono essere stimati basandosi sulla stratigrafia presunta derivata dall'analisi, da parte del geologo professionista, delle carte geolitologiche e delle litostratigrafiche normalmente disponibili e dei dati di letteratura geologica dell'area oggetto di valutazione o di aree adiacenti. Sulla base di tali conoscenze si procede al dimensionamento in accordo con le norme ISO e UNI disponibili, facendo ricorso anche ai riferimenti disponibili in bibliografia tecnica (e.g. VDI 4640 o indicazioni tecniche svizzere). In tale fase, in accordo con il progettista termotecnico, verrà definita la ubicazione e l'interasse delle sonde geotermiche costituenti il "campo sonde". In casi di particolare interesse (perforazioni a carotaggio continuo) o in presenza nelle immediate vicinanze del sito di affioramenti rocciosi



equivalenti al sottosuolo per litologia, si può anche testare in laboratorio, mediante termoflussimetro a mercurio, i parametri di conducibilità termica, resistenza termica e densità (valori minimi di conducibilità su provino disidratato) dei campioni prelevati.

L'effettiva resa del sottosuolo deve comunque essere valutata dal progettista in base al reale utilizzo dell'impianto, dei rapporti tra energie termiche e frigorifere e dei fabbisogni di acqua calda sanitaria (ACS). Nei casi di significativi squilibri tra fabbisogni energetici stagionali (ad es. utilizzo dell'impianto per il solo riscaldamento o raffrescamento) o nel caso in cui il fabbisogno di ACS sia paragonabile ai fabbisogni termici, si renderà necessaria una simulazione dinamica, utilizzando valori di conducibilità del sottosuolo ricavati da dati diretti o di bibliografia.

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito di impianto, le informazioni preliminari dovranno essere puntualmente verificate all'atto della prima perforazione per la realizzazione del campo sonde, fase che dovrà prevedere la costante presenza del geologo in cantiere per la redazione del log stratigrafico e per la rilevazione piezometrica di eventuali falde idriche.

2 - Le sonde geotermiche: tipologie e caratteristiche dei materiali

Le sonde geotermiche hanno la funzione di scambiatore di calore tra il terreno e la pompa di calore e sono realizzate mediante perforazioni che possono essere verticali o inclinate. Esistono attualmente due tipologie di sonde: sonde ad U e sonde coassiali. Le prime possono a loro volta essere a singola o doppia U mentre le seconde possono essere di tipo coassiale semplice o coassiale complessa. In Italia la sonda ad U è la più diffusa e viene utilizzata anche la tipologia a doppia U che però richiede una sezione di scavo per alloggiamento superiore, determina problemi di cortocircuitazione, nonché difficoltà maggiori nell'inserimento nello scavo. I vantaggi maggiori della doppia U sono quelli legati al funzionamento della sonda anche in caso di blocco per occlusione di uno dei tubi ad U, maggiori possibilità di scambio termico con il terreno per l'utilizzo di tubi di minor diametro e quindi anche di minor spessore. Recentemente sono state anche proposte sonde elicoidali, posizionate in fori di diametro maggiore e minor profondità.

I piedi di sonda ad U sono di diverse tipologie legata alle modalità costruttive e al diametro dei tubi di sonda variabili tra 25, 32 e 40 mm.

I tipi di piede sono: a manicotto elettrosaldato, tramite piede elettrosaldabile, a testa con incastro, a testa planare.



Il piede di sonda viene dotato di una zavorra per facilitare l'inserimento della sonda nei fanghi di perforazione ancora presenti all'interno dello scavo di perforazione. La zavorra è costituita in genere da elementi in acciaio agganciati al piede della sonda. In genere le ditte produttrici di sonde tendono alla fornitura completa dello scambiatore munito di zavorra.

Le tubazioni che costituiscono le sonde sono in genere di polietilene ad alta densità, conformi alle norme DIN 8074 e 8075 con il nome commerciale HDPE o Pead a seconda che si usi l'acronimo inglese od italiano. Materiale che presenta una elevata maneggevolezza, flessibilità e resistenza alla corrosione. Offre delle ottime caratteristiche meccaniche, di stabilità a lungo termine ed è dotato di una ridotta scabrezza interna che determina una bassa resistenza idraulica. E' consigliabile l'utilizzo di tubazioni in Pead nella classe di pressione di almeno 16 bar (PN16). In alternativa può essere utilizzato polietilene reticolato (Pe-RC), avente analoghe caratteristiche meccaniche. Non è permesso l'utilizzo di tubazioni in PVC. La colorazione dei tubi può essere nera o blu e preferibilmente debbono essere conservati in magazzino in quanto soggetti, anche se in modo molto ridotto a seguito di processi di protezione chimica, a deterioramento a seguito di una lunga esposizione ai raggi solari. Le tubazioni con cui vengono costruite le sonde geotermiche non debbono presentare saldature di nessun genere tranne che nella zona del piede e sono dotate di un certificato di collaudo di fabbrica, conforme alle norme vigenti .

Le tubazioni sono marcate lungo il lato esterno riportando le caratteristiche, il metraggio e quindi tutti i dati identificativi della stessa.

I diametri più diffusamente utilizzati per le tubazioni in polipropilene sono 40 mm e 32 mm (diametro esterno) e gli spessori risultano di 3,7 e 2,9 mm.

Le temperature di esercizio per le tubazioni in polipropilene variano tra -20°C a + 40°C e quindi le sonde sono adatte all'impiego geotermico a bassa entalpia dove le temperature in gioco variano all'interno dei limiti di lavoro. Per zone con temperature più elevate è necessario ricorrere a tubazioni in polietilene reticolato dove l'intervallo di temperatura è compreso tra -40°C e +95° C.

La documentazione da predisporre dovrà contenere ogni indicazione circa la tipologia di sonda da installare, il tipo di materiale che la costituisce, i certificati di collaudo, il tipo di piede e la zavorra utilizzata e quindi anche il progetto della distribuzione delle sonde nel terreno.

Tutti i componenti impiegati nella messa in opera degli impianti di geoscambio devono essere realizzati con materiali eco-compatibili e non possono in alcun caso alterare le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni o dei corpi idrici eventualmente attraversati durante la posa in opera degli scambiatori geotermici.

Il fluido termovettore può essere acqua o, se le esigenze progettuali lo richiedono, una soluzione di acqua potabile e glicole propilenico o etilenico atossico, biodegradabile, per uso alimentare. Non



è ammesso l'utilizzo di alcoli o liquidi anticongelamento di nessun altro genere, così come non sono ammessi prodotti anti-corrosione.

Valvole o condotte di collegamento, se interrate, devono essere resistenti alla corrosione.

3 - Il test di risposta termica (TRT o GRT) per il corretto dimensionamento degli impianti di “grande taglia”

Per impianti di potenza termica superiore ai 30 kwt (impianti di “grande taglia”) i parametri termici del terreno interessato da installazioni di geoscambio a circuito chiuso devono necessariamente essere indagati preventivamente mediante un test di risposta termica (TRT o GRT) realizzato in situ ed eventualmente integrato con dati disponibili in letteratura tecnica (Norme UNI e ISO).

Il dimensionamento deve basarsi sulle proprietà termo fisiche del terreno e delle caratteristiche tecniche dello scambiatore geotermico attraverso metodologie di calcolo dinamico. Il metodo deve consentire di determinare lo sviluppo lineare totale degli scambiatori in funzione della temperatura minima invernale e massima estiva del fluido termovettore in ingresso alla pompa di calore, definiti in fase di progettazione, con proiezioni sul lungo periodo e a partire dai valori di fabbisogno energetico estivo, invernale e di ACS degli edifici da climatizzare.

Per questi impianti si rende necessario valutare l'andamento delle temperature dello scambiatore geotermico al fine di assicurare che le temperature minime e massime di ingresso ed uscita dalla pompa di calore e dall'impianto rimangano coerenti con i valori di progetto. La lunghezza delle sonde è determinata a partire dai valori di temperatura minima e massima desiderati in ingresso alla pompa di calore o direttamente allo scambiatore geotermico se si realizza “free-cooling”.

Il Thermal Response Test permette di rilevare i parametri termo fisici del terreno e dello scambio termico, tali da facilitare il dimensionamento degli impianti con pompe di calore geotermico. Il TRT per impianti di “taglia grande” evita pertanto: (i) sovradimensionamenti che innalzerebbero inutilmente i costi finali di realizzazione dell'opera e (ii) sottodimensionamenti che potrebbero addirittura inficiare il funzionamento dell'impianto. La prova viene realizzata su una sonda pilota che poi entrerà a far parte del campo sonde complessivo. L'elaborazione dei dati deve essere effettuata sulla base di quanto definito dalla letteratura scientifica internazionale ovvero basarsi sulla teoria della sorgente lineare o su metodi equivalenti riconosciuti dalla comunità scientifica. L'output dei dati del TRT deve contenere:

- resistenza termica dello scambiatore geotermico;



- conducibilità termica media del sottosuolo;
- temperatura media del terreno indisturbato.

Il TRT potrà essere eseguito in riscaldamento o raffrescamento, quindi immettendo o sottraendo calore dal sottosuolo, mantenendo costante la potenza fornita per tutta la durata della prova che in nessun caso dovrà avere durata inferiore a 50 ore. In merito alla durata del test si fa riferimento alle linee guida stabilite dal gruppo di lavoro Annex 13 nell'ambito del programma IAECES dell'International Energy Agency. Le prime 12 ore del test non dovranno essere considerate nei calcoli, in quanto il flusso di calore impiega alcune ore per stabilizzarsi nel sottosuolo e in generale la temperatura misurata è in funzione della geometria dello scambiatore e del tipo di miscela di cementazione.

Al fine di garantire una raccolta corretta dei dati e una elaborazione statistica degli stessi, il numero di acquisizioni non dovrà essere inferiore ad una al minuto. La misurazione delle portate nel circuito dovrà essere effettuata con sensori con precisione non inferiore al 2%. La misura delle temperature dovrà essere effettuata con sensori termici con accuratezza di almeno 0.02°C.

La potenza immessa/sottratta nel/dal terreno durante la realizzazione del TRT dovrebbe essere prossima all'effettiva potenza estratta o ceduta durante il reale funzionamento dell'impianto.

4 - Tecniche di perforazione: esigenze di produttività della perforazione e di tutela delle falde

Durante le operazioni di installazione delle sonde geotermiche devono essere adottate tutte le cautele atte ad evitare qualsiasi interferenza negativa con il sottosuolo, con gli acquiferi e con le acque sotterranee, sia in fase di perforazione che di posa in opera della sonda geotermica. Deve essere posta particolare attenzione affinché eventuali perdite di liquidi dal cantiere non si infiltrino nel suolo e nel sottosuolo affinché non vengano a contatto con le acque sotterranee durante le operazioni di perforazione.

In particolare devono essere adottate apposite misure di sicurezza per:

- evitare perdite di olio dalla macchina perforatrice, perdite di prodotti specifici per la perforazione (es. carburanti, lubrificanti, oli idraulici, additivi): il terreno sottostante la macchina perforatrice deve essere protetto mediante teli impermeabili e/o vasche di raccolta;
- dotare il cantiere di idonei presidi di emergenza per contenere fuoriuscite di liquidi potenzialmente contaminanti;



- utilizzare fluidi di perforazione che non comportino alcuna conseguenza negativa per il sottosuolo e per i suoi usi a fini idropotabili. Reflui e residui di perforazione vanno gestiti secondo la normativa vigente.

I metodi di perforazione che possono essere utilizzati nella pratica dell'installazione di sonde geotermiche sono:

- a percussione;
- a rotazione con distruzione di nucleo;
- a rotazione con carotaggio continuo;
- a roto-percussione.

Qualora necessario è ammesso l'utilizzo di camice di sostegno, per evitare che il foro frani creando degli strati disomogenei e poco compatti attorno alla sonda che non risulterebbero quindi opportunamente cementati.

I fluidi di perforazione utilizzabili sono acqua, aria compressa e fanghi bentonitici. Possono in ogni caso essere utilizzati altre tipologie di fluidi purché contenenti additivi a base di composti totalmente biodegradabili.

Nella realizzazione delle perforazioni in cui troveranno alloggio le sonde geotermiche, deve essere posta particolare attenzione alle operazioni di impermeabilizzazione del perforo.

La miscela cementizia da iniettare attraverso l'apposita tubazione, a partire dal fondo foro, deve essere tale da evitare fessurazioni dovute al ritiro della medesima e deve mantenere nel tempo l'aderenza con il terreno oltreché garantire buona continuità termica tra la sonda ed il terreno circostante. Particolare attenzione deve essere posta tanto nella perforazione quanto nel successivo completamento del foro al fine di mantenere l'esatta separazione degli eventuali acquiferi intercettati, così come risultante della stratigrafia rilevata durante l'esecuzione della perforazione.

Dovrà essere previsto in ogni caso un sito di stoccaggio dei "cuttings" di perforazione direttamente in sito. Questo potrà essere a seconda dei casi, uno scavo nel terreno impermeabilizzato, nel quale far decantare la parte solida del fluido di perforazione e poterlo separare dall'acqua, oppure un container anch'esso impermeabilizzato con funzione analoga.



5 - Problematiche relative alle miscele di cementazione della sonda geotermica

Nelle operazioni di riempimento dei fori in cui sono state calate le sonde geotermiche in polietilene è fondamentale porre la dovuta attenzione al tipo di miscela di cementazione (sono in commercio miscele di cementazione ad hoc per gli impianti di geoscambio).

La conducibilità termica delle miscele di cementazione e la loro durabilità è influenzata sia dalla matrice (ad es. cemento, bentonite e additivi), sia dal tipo di inerte (minerali presenti, granulometria). La scelta della miscela di cementazione deve essere fatta in base ai valori di conducibilità termica che caratterizzano il contesto geologico in cui si mettono in opera le sonde geotermiche, al fine di ottimizzare lo scambio termico tra terreno e scambiatori di calore e garantire la corretta cementazione del foro lungo tutto il suo sviluppo verticale.

In linea generale, le miscele di riempimento dei fori in cui sono messe in opera le sonde geotermiche devono soddisfare delle caratteristiche tecniche e di sostenibilità ambientale.

Le miscele di cementazione delle sonde geotermiche di polietilene devono pertanto essere:

- eco-compatibili con l'ambiente circostante ("environmental friendly"), considerato che il materiale di tali miscele viene comunemente in contatto con falde acquifere;
- insolubili in acqua onde evitare l'alterazione di eventuali falde intercettate;
- con una conducibilità termica confrontabile con quella del terreno con cui sono in contatto;
- pompabili in sospensione acquosa;
- debolmente espansive, al fine di sigillare il preforo e non permettere che falde sovrapposte possano venire in contatto;
- elastiche, in modo da non fratturarsi a seguito di lievi sollecitazioni naturali quali piccoli fenomeni di subsidenza o lievi sollevamenti.

La posa in opera della cementazione dovrà essere fatta dal fondo della perforazione mediante pompa con adeguate caratteristiche tecniche ed attraverso una tubazione a perdere inserita nel momento della calata dello scambiatore. Questa procedura dovrebbe minimizzare la turbolenza del moto del fluido e quindi consentire di avere una quantità minima se non assente di micro bolle d'aria. Queste ultime infatti incrementerebbero la porosità della miscela una volta maturata



(abbassandone la conducibilità termica) favorendo la resistenza termica a scapito dell'efficienza dello scambio termico.

6 - Collaudo idraulico delle sonde: test di tenuta e di portata

In corso d'opera e/o ad opere ultimate, deve essere accertata, mediante operazioni di controllo e prove di funzionamento in sito, la conformità dei lavori eseguiti alle previsioni progettuali per quanto riguarda il risultato conseguito sotto il profilo della funzionalità idraulica, della sicurezza e continuità di esercizio.

Nell'ambito del collaudo delle condotte dovranno essere eseguiti test di tenuta e di portata idraulica, al fine di accertare il corretto funzionamento delle sonde geotermiche.

La prova di tenuta dovrà essere eseguita, con acqua o con aria, come segue:

- prova di tenuta della sonda geotermica eseguita esclusivamente con aria (pressione di prova: minimo 10 bar; durata: minimo 1 ora; diminuzione di pressione tollerata: 0,2 bar; al raggiungimento della profondità di 80 metri deve essere aumentata la pressione di 0,1 bar per ogni ulteriore metro di profondità).
- prova di tenuta della sonda geotermica ricolmata interamente con acqua (pressione di prova: minimo 6 bar; durata: minimo 4 ore; diminuzione di pressione tollerata: 0,5 bar);

Qualora un test di tenuta dovesse dare esito negativo, la sonda in questione e la perforazione nella quale è alloggiata dovranno essere ricolmate definitivamente con sospensione di cemento, acqua e bentonite. Di ogni prova di tenuta dovrà essere compilato un protocollo (anche dell'eventuale sonda non più utilizzabile per l'impianto di geoscambio).

Ultimate le operazioni di giunzione dei tubi e cementazione del foro, lo scambiatore dovrà essere sottoposto a prova di portata idraulica, con pressione, durata e modalità stabilite in fase di progetto in funzione delle caratteristiche della condotta (tipo di tubazione e giunto, pressione di esercizio, classi di impiego).

Esistono sul mercato diversi strumenti ampiamente collaudati, ai quali fare ricorso, per entrambi i test. Tali strumenti sono di uso immediato, adatti per il cantiere, utilizzabili dal perforatore in corso d'opera o dalla direzione lavori in fase di collaudo.



PARTE SECONDA

SISTEMI AD ANELLO APERTO: ASPETTI TECNICI E PROGETTUALI

1 – Generalità

Tale tipo di tecnologia è preferito in diverse soluzioni progettuali per il minor costo a parità di potenza termica di progetto rispetto alle sonde geotermiche. L'ipotesi progettuale parte da un giudizio di fattibilità che riguarda la presenza e consistenza delle acque sotterranee nel sito di interesse e presuppone una conoscenza idrogeologica del territorio che deve essere necessariamente acquisita.

Esistono peraltro numerosi fattori che, al di là di una generica e preliminare “fattibilità” tecnica (presenza e consistenza di acqua di falda nel sottosuolo) determinano la sostenibilità del progetto in rapporto all'ambiente idrogeologico interessato (vedi, ad esempio, la compatibilità del progetto in relazione al Bilancio Idrico del sistema ed alla rinnovabilità della risorsa, criteri contenuti nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche - PTA).

I suddetti fattori intrinseci del sistema naturale, inoltre, interferiscono a vario livello con i diversi aspetti antropici, connessi all'uso del territorio ed, in particolare, alla presenza di centri di approvvigionamento delle acque di falda. Queste relazioni funzionali devono quindi essere oggetto di verifiche specifiche, finalizzate a stabilire il livello di compatibilità dell'uso geotermico con gli usi plurimi dell'acqua esistenti e programmati nell'area di influenza del progetto geotermico (uso idropotabile, irriguo, industriale).

Esistono infine vincoli di tipo legislativo, relativi alle procedure di concessione di acque pubbliche e, nel caso di re-immissione in falda, di autorizzazione allo scarico, nonché ai contenuti pianificatori di più ampio respiro, che stabiliscono criteri e vincoli all'utilizzo di risorse di particolare pregio (leggi: gli acquiferi carbonatici appenninici).

Nei seguenti paragrafi vengono enunciati e descritti i principali aspetti che devono essere considerati nel giudizio di fattibilità del progetto geotermico ad anello aperto. Nella Parte Terza gli stessi criteri relativi alla fattibilità vengono ripresi e declinati nella proposta relativa ai procedimenti autorizzativi.



2 - Elementi di fattibilità e sostenibilità del progetto

Sulla base dell'inquadramento idrogeologico della Regione Marche e del grado di distribuzione degli insediamenti nel territorio è facile intuire come la maggior parte delle potenziali utilizzazioni delle acque sotterranee ai fini geotermici, siano da individuare nei fondovalle alluvionali dei fiumi marchigiani.

In termini strettamente quantitativi l'entità delle potenziali applicazioni di sistemi geotermici ad anello aperto aumenta verso la costa, perché verso la costa crescono gli spessori saturi, la trasmissività e la possibilità di alimentazione indiretta degli acquiferi alluvionali. In tali contesti le portate massime di riferimento sono per lo più comprese nell'intervallo 10 – 100 l/sec, talora con prevedibili situazioni di potenziale conflittualità con gli altri utilizzi della falda.

Ipotizzando realisticamente un sostanziale vincolo rispetto agli utilizzi geotermici delle risorse degli acquiferi calcarei, la domanda geotermica da centri di utenza collocati nella fascia montana appare limitata agli acquiferi detritico – alluvionali delle alte valli e delle conche intermontane (si pensi al comprensorio fabrianese o ascolano) e, localmente agli acquiferi “minori” marnoso-calcarei o delle successioni flyschoidi appenniniche e pre-appenniniche. Con questa premessa, in tale contesto le portate massime di riferimento sono per lo più limitate nell'intervallo 1 – 10 l/sec.

2.1 - Le portate di progetto ed il regime piezometrico degli acquiferi alluvionali

Con riferimento alle possibili “portate di progetto” richieste dal progettista termotecnico si va dal litro/secondo delle piccole applicazioni domestiche ai 100-150 l/sec dei grandi impianti a servizio di edifici industriali e/o commerciali di vasta superficie e cubatura.

Si possono quindi raggiungere portate da singoli impianti paragonabili ai prelievi delle centrali acquedottistiche che emungono dalla falda o di importanti derivazioni ad uso irriguo ed industriale.

Si pensi, a titolo di esempio, che un utilizzo sommativo ai fini geotermici, per ciascun fondovalle alluvionale dell'ordine dei 100 l/sec andrebbe ad incidere per percentuali variabili dal 25% al 90% sulla risorsa idrica sotterranea totale utilizzabile nel tratto vallivo di tali acquiferi (le portate in transito nelle diverse sezioni di acquifero sono infatti comprese dai circa



100-120 l/sec dei corsi d'acqua minori agli oltre 400 l/sec dei fiumi maggiori, quali il Tronto, l'Esino, il Metauro).

Questi riferimenti numerici di larga massima sono citati per poter valutare come una diffusione irrazionale di tale tecnologia possa incidere negativamente sul bilancio idrico di quei sistemi acquiferi, che, nonostante uno stato di sensibile compromissione qualitativa, ancora svolgono un ruolo importante nel sistema acquedottistico marchigiano.

Secondariamente tali dati stanno ad indicare che, in termini di Bilancio, quantomeno le medie e grandi realizzazioni geotermiche non possono, in generale, prescindere dalla previsione e progettazione di sistemi di “presa e resa”(ossia con integrale o parziale restituzione delle acque prelevate alla falda).

Circa il regime degli utilizzi, rispetto ai grandi sistemi acquiferi nazionali, quale ad esempio quello padano, dotati di grande inerzia idrologica, gli acquiferi marchigiani presentano maggiore variabilità e “soffrono”, in termini piezometrici, dell'elevato picco della domanda estiva per gli usi plurimi, mentre presentano la massima produttività in periodo tardo-invernale e primaverile (periodo di *morbida*).

2.2 - Le temperature di progetto ed il regime termico degli acquiferi alluvionali

Sotto un profilo puramente termico, dato un delta termometrico medio annuo delle acque di falda di circa 3-4°C (dai 16-18°C estivi ai 13-14°C invernali) i nostri acquiferi alluvionali si prestano sia al raffrescamento che al riscaldamento, ma ancor meglio ad un uso combinato delle due fasi di utilizzo, qualora sia possibile una reiniezione in falda di acque fredde in Inverno (derivanti dalla estrazione del contenuto termico a mezzo pompe di calore), da recuperare in Estate per il raffrescamento. Ovviamente maggiore sarà la portata emunta, maggiore sarà la quantità di calore scambiabile, minore il salto termico in fase di reimmissione. Gli effetti termici in falda (“plume termico”), che possono determinare influenze significative sotto il profilo chimico fisico e microbiologico, devono essere valutate e, quantomeno per le grandi applicazioni, venire modellizzate con appositi pacchetti di simulazione di flusso e trasporto.

2.3 - Verifica dei vincoli tecnico-normativi ed urbanistici

2.3.1 - Aree di Salvaguardia dei pozzi

La situazione di potenziale contiguità tra le “tradizionali” centrali acquedottistiche, le altre concessioni private afferenti agli acquiferi alluvionali e le eventuali realizzazioni geotermiche assume nel caso dei sistemi aperti una particolare rilevanza. Purtroppo la nostra Regione



soffre di un ritardo culturale e tecnico scientifico rispetto alla perimetrazione delle aree di salvaguardia. Il criterio geometrico, in genere assunto per semplicità nella individuazione della Zona di Rispetto nei PRG, spesso evidenzia problemi di reale applicazione del vincolo. In taluni contesti, infatti, l'adozione del criterio geometrico, in presenza di un elevato numero di pozzi pubblici distribuiti sul territorio, vincolerebbe una superficie di territorio talmente vasta da precludere applicazioni geotermiche che risulterebbero invece fattibili e sostenibili sul piano tecnico. Compito del tecnico geologo e dei funzionari pubblici è quello di trovare una soluzione ragionevole che passi per l'adozione di criteri condivisi di perimetrazione su basi cronologiche (*linee isocrone*) oggi esplicitamente ammessi nel PTA. La implementazione di scenari piezometrici ricostruiti mediante la applicazione di modelli di flusso rappresenta sotto tale aspetto uno dei principali strumenti per la verifica della sostenibilità del progetto

L'aspetto relativo alle Zone di Rispetto dei pozzi riguarda, anche se in modo diverso, sia i sistemi ad anello chiuso, per gli aspetti specifici relativi alla separazione delle falde ed alla potenziale migrazione della boiaccia di riempimento nel terreno acquifero, che i sistemi ad anello aperto, per gli aspetti relativi al prelievo diretto delle acque e le relative influenze a livello piezometrico (si veda a tale riguardo la proposta descritta in Parte Terza e in particolare la Tab.2) .

2.3.2 - Autorizzazione al prelievo ed allo scarico o reimmissione in falda

Il prelievo di acque di falda per un uso geotermico si prefigura a tutti gli effetti come una attività oggetto di concessione di acque pubbliche, quindi normata dalla legislazione nazionale (D lgs. 152/2006) e regionale (LR 5/2006) vigente. I criteri e metodi precedentemente esposti fanno peraltro intendere che una prossima auspicata norma regionale in materia geotermica debba estendere e qualificare ulteriormente i contenuti delle consuete “pratiche” di derivazione di acque pubbliche, inserendo articoli specifici che facciano esplicito riferimento all'utilizzo geotermico delle acque sotterranee.

Uno degli aspetti più controversi e assolutamente poco chiariti rispetto ai (pochi) pareri espressi dai funzionari pubblici in materia geotermica è la possibilità di reimmissione delle acque “di processo” in falda. Si tratta di un passaggio che altre Regioni hanno, variamente, “metabolizzato”, in presenza di una normativa regionale di riferimento. *Come detto, tale possibilità di reimmissione, è spesso condizione - base per un ricorso sostenibile alla risorsa*



idrica sotterranea per i fini geotermici, cioè rispettoso innanzitutto del Bilancio Idrico del sistema acquifero.

Al tempo stesso è pratica sicuramente delicata per gli aspetti chimico-ambientali e fisico-termici e deve essere oggetto di un regime prescrittivo certo e rigoroso.

In alternativa, la possibilità di scarico al recettore di superficie delle acque di processo è pratica assolutamente ben inquadrata nella norma ed ammissibile, al pari di altri scarichi da attività/processi industriali (con le dovute garanzie che la norma richiede), ma non è detto che tale scelta, sotto il profilo idrogeologico e degli stessi criteri del PTA, sia la migliore possibile: un possibile scenario limitato al solo binomio “prelievo e scarico” nei recettori superficiali rischia di creare profonde alterazioni del regime piezometrico, già ampiamente “antropizzato” delle falde di fondovalle, con la prospettiva di impoverirle ulteriormente. Pertanto è bene che i funzionari pubblici e gli stessi professionisti contemplino sempre la possibilità / opportunità di realizzare sistemi di presa e resa, quale metodo elettivo finalizzato al rispetto del Bilancio idrico, essendo coscienti di tutte le implicazioni tecniche ed autorizzative ad esso connesse.

2.3.3 – Vincoli di carattere chimico-fisico e microbiologico

Nella analisi idrogeologica da compiersi non si può prescindere dalla valutazione dei seguenti potenziali impatti connessi all'utilizzo delle acque di falda, comuni peraltro a qualsiasi significativo prelievo da pozzo per usi diversi :

- Migrazione degli inquinanti eventualmente presenti in falda, legati ai molteplici casi di contaminazione puntuale o diffusa in molti acquiferi di fondovalle (si pensi al sito di interesse nazionale del Basso Chienti o di Falconara).
- Progressione del cuneo salino costiero per prelievi importanti in prossimità della linea di costa.
- Variazioni ossido riduttive connesse al pompaggio e re-immissione delle acque in falda, con potenziali effetti su specie chimiche congenite ad alcuni acquiferi, quali il Fe ed il Mn.
- Possibile proliferazione batterica o algale connessa alla restituzione di acque a maggior contenuto termico in falda.
- Possibile contaminazione indotta dalla perforazione del pozzo (messa in comunicazione di falde diverse, difetti di cementazione, uso di additivi, ecc,)



Anche in questo caso, ove si ravvedano elementi di criticità per gli aspetti segnalati, dovranno essere svolte le opportune verifiche sia in fase preventiva che di progettazione delle opere di presa e resa.

In conclusione al presente Capitolo viene proposta la seguente scheda informativa sintetica (vedi Tab.1), che raccoglie i principali aspetti che dovranno essere trattati per il giudizio di fattibilità, da allegarsi ad una esaustiva Relazione Idrogeologica, corredata di carta piezometrica ottenuta mediante la rilevazione dei livelli dei pozzi pubblici o privati in un intorno significativo.

Tabella 1 - Informazioni di base per progetti di impianti ad anello aperto (i.a.a.)

Progetto/richiedente	Località/Comune	Potenza termica di progetto (Kwt)	Acquifero di riferimento ⁽¹⁾	Portata di prelievo (l/sec)
Numero pozzi di presa	Scarico si/no (se sì, corpo idrico recettore)	Reimmissione in falda (si/no)	Numero pozzi di resa o bacino disperdente	Altri utilizzi dell'acqua di risulta ⁽²⁾
Breve descrizione impiantistica, compresi i pozzi (profondità, diametro, ecc.)				
Presenza di pozzi acquedottistici entro i 500 m (si/no), se sì, distanza del pozzo più vicino	Portata di pozzi acquedottistici entro i 500 m	Presenza di concessioni private entro i 500 m (si/no), se sì, distanza del pozzo più vicino	Spessore dell'acquifero (m)	Trammissività dell'acquifero (m ² / sec)
Temperatura media delle acque sotterranee (°C)	Presenza di Aree di Salvaguardia di pozzi-sorgenti (si / no, se si allegare stralcio cartografico)	Presenza di siti contaminati entro i 500 m	Presenza di aree industriali o P.V. carburanti entro i 500 m	Presenza di aree umide protette – SIC/ZPS entro i 500 m

(1) Alluvionali; detritici e fluvio-lacustri; calcarei; marnoso-calcarei; marnoso-arenacei; altri

(2) Irrigui, per arredo urbano e spazi verdi, ecc.



PARTE TERZA

PROCEDIMENTI AUTORIZZATIVI PER GLI IMPIANTI GEOTERMICI: LINEE PROPOSITIVE

Nelle seguenti pagine vengono indicati in maniera sintetica i contenuti dei procedimenti autorizzativi di progetti geotermici a bassa entalpia, distinguendoli per tipologie di impianto. Visto il concorso di professionalità diverse coinvolte nel progetto geotermico, vengono indicate in maniera sintetica e non esaustiva, anche le figure tecniche di riferimento, fatte salve ovviamente le competenze professionali definite dalla normativa vigente.

Considerato il carattere tipicamente interdisciplinare dei progetti, assume importanza la figura del coordinatore e/o capo progetto individuato tra i professionisti abilitati dalla normativa vigente, il quale si avvarrà dei contributi forniti dagli specialisti di settore per dare risposte compiute ai diversi problemi, in funzione evidentemente del tipo ed importanza dell'opera, dell'impianto e del livello di interferenza che potrà avere con le diverse componenti ambientali.

1 - Principali criteri classificativi degli impianti e competenze nei procedimenti autorizzativi

Vengono di seguito indicati alcuni criteri essenziali di una procedura autorizzativa di riferimento da adottare (Regione, Province, Comuni) in merito agli impianti ad anello chiuso ed aperto, previa emanazione di una legge e/o atto amministrativo di indirizzo a livello regionale relativo alla progettazione –realizzazione – collaudo - gestione di impianti geotermici. Si ritiene pertanto opportuna la emanazione di una unica e specifica norma sulla geotermia, messa a punto dalla Regione e adottata dalle Province, che regolamenti sia le sonde geotermiche s.l. che i progetti di prelievo di acque di falda, prevedendo un articolato ed una modulistica distinta per i due tipi di impianti.

Il primo criterio di *screening*, ripreso dal recente D. lgs 22/2010 e da altre norme o Linee Guida regionali, è quello della *dimensione degli impianti in termini di potenza termica di progetto*.

Esso riguarda sia gli impianti ad anello aperto (i.a.a.) che le sonde geotermiche (s.g.). Tale criterio discrimina la *competenza regionale del procedimento autorizzativo*, che può essere prevista



qualora il progetto, per le sue rilevanti dimensioni, implichi una verifica di assoggettabilità a VIA e/o VIA-VAS.¹

Diversamente, per impianti di dimensione “ordinaria” ed in assenza di vincoli la competenza è comunale per le sonde geotermiche e provinciale per gli impianti ad anello aperto (cfr. L.R. 9 Giugno 2006 n.5 sulle derivazioni di acque pubbliche).

Il limite di potenza termica proposto in alcune Linee Guida per impianti di rilevanti dimensioni è di 1 Mwt. Il riferimento di massima in termini di portata estratta e restituita alla falda è valutabile a circa 100 l/s.

Si ritiene che per il contesto idrogeologico ed antropico regionale i limiti oltre i quali l'impianto in progetto è da considerarsi di “rilevanti dimensioni “ per il territorio della Regione Marche possano essere ridotti rispettivamente a 500 Kwt e 50 l/sec. Parimenti si ritiene che la taglia massima degli impianti autorizzabili sia, di norma, 1.0 Mwt o 100 l/sec, eccezionalmente sino a 150 l/sec.

Per gli impianti di rilevante dimensione la competenza è regionale; inoltre il progetto è in questo caso soggetto ad una verifica di assoggettabilità a VIA.

Nel dettaglio, si ritiene che debbano essere assoggettati a VIA tutti i progetti di impianti geotermici ad anello chiuso od aperto, di potenza compresa tra 500 Kwt ed 1Mwt, ovvero di portata compresa tra 50 e 100 l/sec, da realizzarsi nell'ambito degli acquiferi della Regione Marche, (acquiferi così come classificati nel Piano di Tutela delle Acque).

Tale criterio è improntato sia alla tutela delle risorse idriche regionali e dei preminenti usi idropotabili delle stesse, previsti dalla legge, che alla previsione di un effetto sommativo determinato da realizzazioni geotermiche plurime nell'ambito del medesimo acquifero.

Esso tende a incentivare le piccole e medie realizzazioni evitando una eventuale eccessiva ed indiscriminata proliferazione degli impianti geotermici, specialmente di grande taglia.

Sotto tale aspetto il legislatore regionale potrebbe individuare una taglia massima di impianto per ciascun acquifero (es. acquifero del Metauro, acquifero dell'Esino, ecc.), adottando ad esempio il limite sopraindicato di 1 Mwt (per impianti a sonde geotermiche) e di 100 l/sec per impianti ad anello aperto.

¹ A tale riguardo si ricorda che la L.R. 7/2004 in materia di VIA (All. A1, art 1, punto b) indica in 100 l/sec il limite oltre il quale i progetti di utilizzo delle acque sotterranee richiedono la procedura di VIA di competenza regionale e in 50 l/sec (All. B2, punto 5d) il limite per i procedimenti di VIA di competenza provinciale.



Nel seguente capitolo viene proposto un sistema di regolamentazione che definisce i requisiti, i limiti e la documentazione da produrre per l'autorizzazione degli impianti geotermici.

Attraverso contatti con i funzionari della Regione Marche è corso di definizione e condivisione uno schema di iter autorizzativo per le diverse tipologie di impianto, che potrà essere adottato da una prossima normativa regionale di settore.

2 - Proposta di regolamento dei progetti geotermici

2.1 - Aspetti generali

I progetti di impianti geotermici ad anello chiuso (sonde geotermiche verticali; sonde geotermiche orizzontali; sonde idrotermiche) e ad anello aperto (pozzi geotermici) devono rispondere ai requisiti generali di seguito indicati, analizzati e documentati nel progetto, in particolare per quanto attiene la parte geologica.

Gli impianti geotermici possono essere realizzati in tutto il territorio regionale ad eccezione:

- delle aree a rischio idrogeologico (cfr. PAI) e comunque degli alvei e delle sponde dei corsi d'acqua, delle aree con evidenti fenomeni di erosione concentrata, delle zone a calanchi, delle aree con cavità carsiche, delle aree con fenomeni evidenti di subsidenza.
- delle aree classificate dal PPAR come Emergenze Geologiche e Geomorfologiche;
- delle Zone di Tutela assoluta e delle Zone di Rispetto ristrette di pozzi e sorgenti per l'approvvigionamento idrico di acquedotti;
- delle aree archeologiche;
- dei siti contaminati.

La realizzazione degli impianti geotermici è consentita solamente previa predisposizione di una documentazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica che prenda in considerazione ed analizzi tutti gli aspetti sopra indicati e stabilisca la compatibilità geologica, geomorfologica ed idrogeologica del progetto, avendo come riferimento il Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche, e i principali strumenti urbanistici (PRG comunali, PTC provinciali). In questo studio dovrà avere particolare rilievo la individuazione delle aree di rispetto delle sorgenti e dei pozzi (cfr. PTA Regione Marche), nonché la verifica della presenza di siti contaminati inseriti nell'anagrafe regionale.



In particolare, per l'individuazione delle Zone di Rispetto ristretta (Zrr) ed allargata (Zra) di pozzi e sorgenti di cui alla normativa vigente si ritiene valida l'adozione del criterio temporale (linee isocrone) per i pozzi e del criterio idrogeologico e/o morfologico- altimetrico (Piacentini, 1994) per le sorgenti, nonché del metodo del dimezzamento della portata ove applicabile, adattato al contesto del territorio marchigiano, con i riferimenti dimensionali riassunti nella seguente tabella.

Tabella 2 - Zone di rispetto di pozzi e sorgenti - criteri e vincoli di compatibilità idrogeologica

	Pozzi	Sorgenti (Qmedia < 5 l/sec)	Sorgenti (Qmedia > 5 l/sec)	Vincolo alla realizzazione di impianti geotermici
Area di rispetto ristretta	t=60 gg	Area racchiusa tra la semicirconferenza con raggio 200 m con centro sulla sorgente e la isoipsa passante per la sorgente	Criterio idrogeologico o morfologico- altimetrico; metodo del dimezzamento della portata	Sì
Area di rispetto allargata	t=180 gg (t=365 gg per acquiferi a vulnerabilità molto elevata)	Criterio idrogeologico o morfologico- altimetrico	Criterio idrogeologico o metodo del dimezzamento della portata	Condizionato alla verifica della compatibilità idrogeologica

Le perforazioni e/o gli scavi dovranno essere realizzate sotto la responsabilità di un Geologo o Ingegnere minerario con la qualifica di Direttore Lavori e dovrà essere eseguita nel rispetto del progetto geotermico prodotto. Per la parte impiantistica fuori terra il relativo progetto, secondo normativa vigente, potrà essere firmato da professionista di adeguata competenza (Perito termoidraulico, ingegnere impiantista, ecc.). Le opere impiantistiche fuori terra dovranno essere realizzate da ditte qualificate, ai sensi del DPR 34/2000, All. A, per la categoria di opere specializzate OS28 “ Impianti termici e di condizionamento”.

La D.L. dovrà controllare che tutte le attrezzature ed i materiali utilizzati per l'installazione delle sonde siano muniti da certificazione di collaudo, di qualità e dotati della marcatura CE.

Il progetto, redatto da un geologo o ingegnere minerario in veste di “progettista coordinatore”, con gli essenziali contributi del progettista termotecnico, dovrà contenere i seguenti elementi:

a) progetto geotermico con indicazione:



- del fabbisogno energetico richiesto (Kw) oppure potenza della pompa di calore e suo COP;
- principale modalità di impiego della sonda (riscaldamento, raffrescamento, entrambe);
- del numero e posizione delle sonde o dei pozzi, delle loro dimensioni e tipologie, dei collegamenti con la Centrale Termica (C.T.),
- della natura dei materiali impiegati,
- della compatibilità delle miscele nelle sonde del liquido convettore e miscele cementizie con lo stato dei luoghi (caratteri di tossicità e inquinamento);
- degli elementi perturbativi emersi dal rapporto geologico e sviluppi di possibili soluzioni progettuali ed alternative.

b) rapporto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area, con allegati:

- corografia con coordinate Gauss Boaga su base cartografica IGM ed indicazione dei mappali;
- carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica in scala non inferiore ad 1:2.000;
- planimetria scala non inferiore a 1:500 con indicati gli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici di rilievo e la loro compatibilità con il progetto geotermico;
- stratigrafia specifica dell'area d'intervento con indicazione della litologia, dell'idrogeologia, di eventuali difficoltà di scavo dei terreni franamento delle pareti di scavo;
- compatibilità in base ai contenuti del D.M. LL.PP. del 12.12.1985.

c) titolo di proprietà del terreno o liberatoria o convenzione con il proprietario del terreno;

d) modello con predisposizione comunicazione ai sensi della L. n. 464/1984;

e) richiesta autorizzazione al Comune con indicazione del richiedente, proprietario dell'area del nome del progettista, del D.L. e dell'impresa realizzatrice le sonde o l'impianto geotermico.

La documentazione sopra indicata andrà prodotta al Comune attraverso la S.C.I.A. comunale.

Nel caso nella relazione di progetto emerga la presenza di uno o più vincoli fra quelli sopra elencati, il procedimento, sulla base di motivazioni circostanziate, potrà essere soggetto



a verifica autorizzativa attraverso l'istituto della Conferenza dei Servizi, secondo modalità di convocazione da stabilirsi.

Per gli impianti di potenza termica superiore ai 500 Kwt ed insistenti negli acquiferi regionali viene richiesta la procedura di VIA; questa sarà di livello regionale per impianti superiori a 1Mwt.

Il documento comunale autorizzativo farà parte integrante della documentazione necessaria al rilascio dell'abitabilità dell'immobile.

Per favorire la diffusione delle energie rinnovabili fino al 31.12.2014 le domande, le istruttorie ed i permessi rilasciati non saranno onerosi per il richiedente.

2.2 - Disposizioni specifiche

2.2.1 - Impianti ad anello chiuso: Sonde geotermiche verticali ed orizzontali, “sonde idrotermiche”

Gli impianti geotermici ad anello chiuso sono quelli dove non si ha il prelievo delle acque ma l'utilizzo delle stesse mediante la sistemazione di un collettore o serpentina (sonda in polietilene) nella quale viene veicolato un fluido scambiatore che, per contatto con il terreno (sonde geotermiche p.d.) o con le acque (lago, fiume, mare, ecc. nel caso delle “sonde idrotermiche”), acquisisce l'energia geotermica necessaria al processo legato alla pompa di calore.

2.2.1.1 - Sonde geotermiche

Le sonde geotermiche verticali od orizzontali potranno essere realizzate ad una distanza non inferiore a ml. 1,50 dai confini di proprietà e potranno essere installate in terreni di cui sia documentata la disponibilità.

Le tubazioni di collegamento tra le sonde e la Centrale Termica dovranno essere interrate e dovranno risultare sempre posta a quota superiore rispetto alle sonde geotermiche.

Le sonde geotermiche verticali possono essere realizzate fino alla profondità orientativa di ml. 150.

In caso di impianti geotermici con sonde orizzontali, gli scavi per l'installazione delle sonde non potranno essere inferiori a ml. 1,00 e superare ml. 3,00 riferito al piano campagna naturale. In questi impianti l'area individuata non potrà ospitare altri tipi di impianti quali



impianti di sub-irrigazione liquami domestici, fosse Imhoff , impianti fotovoltaici od altri elementi strutturali infissi al terreno, essenze arboree e comunque ogni opera od elemento naturale che possa alterare la condizione di efficienza delle sonde o possa comprometterne la loro integrità.

In caso di “pali energetici” (fondazioni fredde) si dovrà specificare la lunghezza di ogni palo energetico oltre che alla sua posizione nell’area di fondazione dell’ edificio e dovranno essere eseguite, in aumento alla lunghezza di calcolo, sonde profonde esterne all’area di sedime del fabbricato in lunghezza non inferiore al 30% della lunghezza complessiva in precedenza calcolata.

2.2.1.2 - Sonde idrotermiche

Le “sonde idrotermiche” potranno essere installate in mare, nei corsi d’acqua, nei laghi o impianti di depurazione acque ecc. previa documentata autorizzazione del proprietario del bene e/o del Demanio. Le sonde dovranno risultare sempre ben ancorate al fondo o ai bordi del bacino e prive di giunzioni o abrasioni. Il controllo dello stato di manutenzione delle sonde nel caso inserite in corsi d’acqua dovrà essere periodica e con frequenza annuale. Il liquido circolatore dovrà essere sempre ed esclusivamente acqua senza aggiunta di sostanza anticongelanti o fluidificanti.

Non avendosi il prelievo della falda idrica sarà necessario acquisire il parere dell’Arpam che verifichi l’eventuale inquinamento termico delle acque interessate al ciclo geotermico.

Quindi verrà inviata all’ARPAM la documentazione contenente il progetto esecutivo delle opere, la quale rilascerà autorizzazione.

Gli impianti che utilizzano le sonde idrotermiche devono essere esterni:

- alle aree di rispetto delle centrali di derivazione delle acque superficiali ad uso idroelettrico, irriguo od idropotabile;
- ai tratti di alveo con flusso idrico medio dotato di energia cinetica elevata (> 1m/sec);
- ai tratti di sponde in frana od in erosione.

Nelle stesse zone non potranno essere eseguiti bacini idrici di raccolta acque per scopi geotermici.



Oltre alla documentazione generale da prodursi per gli impianti geotermici dovranno essere approfonditi gli aspetti idrogeologici e climatico-idrologici di rilievo e la loro compatibilità con il progetto geotermico. Dovranno essere accertate le portate e le velocità del corso d'acqua, eseguito lo studio delle correnti in caso di installazione in invasi, in mare, o negli estuari fluviali, verificata la capacità di accumulo dell'invaso idrico, determinate le oscillazioni stagionali delle portate e dei volumi idrici coinvolti, nonché delle temperature delle acque.

Oltre alla documentazione indicata in par. 2.1 nel caso di installazione di sonde idrotermiche in ambito portuale la richiesta va inoltrata anche alla Capitaneria di Porto.

La documentazione sopra indicata andrà prodotta alla Provincia per l'autorizzazione all'installazione delle sonde in area demaniale ed alla Capitaneria di porto in caso di utilizzazione di acque di mare, ad entrambe gli Enti in caso di utilizzazione delle acque di estuario fluviale e comunque la documentazione dovrà essere riunita in una S.C.I.A. comunale.

2.2.2 - Impianti ad anello aperto (o a “doppietto”) per pompe acqua-acqua

Gli impianti ad anello aperto sono quelli impianti che utilizzano l'acqua come di scambio termico (impianto idrotermico) in modo diretto e consiste nel prelievo di acque dalla falda idrica, da un lago, da un fiume e la conseguente immissione in falda (sistemi a “doppietto”) o nel lago o nel fiume delle acque utilizzate ai fini geotermici.

Le autorizzazioni che legano il prelievo delle acque, il loro utilizzo o la loro immissione in corpi idrici o nel sottosuolo di acque sono riportate nel D.Lgs. 152/2006 e nella L.R. 5/2006, per cui l'autorizzazione allo scavo di pozzi idrici deve essere presentata alla Provincia; l'autorizzazione al prelievo idrico è di competenza della Provincia che lo rilascerà a seguito della presentazione di un progetto esecutivo. L'autorizzazione allo scarico è di competenza dell'Arpam.

La richiesta autorizzativa di cui all'art. 104 D.Lgs. 152/2006 viene inviata direttamente all'ARPAM la quale si esprime sulla qualità delle acque da scaricare nella falda o nel corpo idrico superficiale. L'autorizzazione allo scarico rilasciata dall'ARPAM viene inviata al Comune il quale ne attesta il ricevimento e la regolarità.

I pozzi geotermici potranno essere realizzati ad una distanza non inferiore a ml. 2,50 dai confini di proprietà e potranno essere eseguiti in terreni dove sia documentata la disponibilità. Con riferimento alle Zone di rispetto, per tali installazioni vale la proposta vincolistica di cui alla precedente Tab.2.



Oltre alla documentazione geologica generale di cui al par. 2.1 punto b), dovrà essere implementato uno studio idrogeologico, avente i seguenti contenuti minimi:

A) Rapporto idrogeologico dell'area:

- stratigrafia dell'area d'intervento con indicazione della litologia e dell'idrogeologia del sito, desunta da indagini indirette e dirette; previsione di eventuali difficoltà di scavo/perforazione dei terreni, franamento delle pareti di scavo/perforo;
-
- rilevamento della falda attraverso i piezometri installati (in numero mai inferiore a quattro);
-
- conduzione di prove di portata non inferiore a 48 ore consecutive, grafici e valutazione idrogeologiche;
-
- realizzazione di carte idrogeologiche con indicazione delle isopieze e delle possibili linee di deflusso nello stato attuale (ante-operam) e nello stato modificato, anche attraverso simulazioni di flusso.

A1) Per progetti che ricadano entro la Zra di pozzi o sorgenti e/o che implicino portate di prelievo superiori ai 10 l/s e sino a 50 l/s, dovrà essere implementato uno studio idrogeologico approfondito, che evidenzi le influenze sull'ambiente idrico sotterraneo del progetto geotermico ed avente come minimo i seguenti contenuti:

- ricostruzione del campo di moto della falda in condizioni statiche e dinamiche entro un raggio di almeno 500 m ;
- redazione del Bilancio Idrologico dell'area con computo delle risorse idriche rinnovabili;
- svolgimento di test di pompaggio per la determinazione dei parametri idrogeologici dell'acquifero;
- implementazione del modello di flusso atto a simulare gli effetti sulla falda dell'emungimento ed eventualmente della resa dell'acqua di processo;
- valutazione degli effetti del progetto di presa / resa delle acque di falda a livello geotecnico (es. variazione delle pressioni interstiziali sui terreni di fondazione);



- determinazione della qualità delle acque di falda in relazione alla presenza dei Centri di Pericolo presenti nell'area di influenza dell'impianto.

A2) Per progetti con prelievi superiori ai 50 l/sec e sino a 100 l/sec da una batteria di pozzi di presa, con contestuale restituzione delle acque di processo in falda, con riferimento alla LR 7/2004 è necessario il procedimento VIA di competenza provinciale.

In tali progetti la modellizzazione di flusso dovrà essere verificata da appositi *test idraulici di presa e resa in scala reale* (su un pozzo di presa ed uno di resa). In questi casi, qualora le acque di falda vengano utilizzate per raffrescamento, dovrà inoltre essere dichiarata la temperatura delle acque restituite al pozzo di resa e valutato, anche mediante simulazioni di trasporto, l'eventuale incremento termico in corrispondenza di pozzi esistenti a valle idraulica.

A3) I progetti di rilevanti dimensioni superiori a 100 l/sec e sino ad un massimo di 150 l/sec, che potranno essere valutati *in via eccezionale*, saranno sottoposti a VIA di competenza regionale (cfr. L.R. n. 7/2004, Allegato A1 lettera b). Oltre alle precedenti verifiche dovrà essere accertato il limite della alterazione piezometrica e/o termica indotta in falda dal progetto in regime transitorio e permanente, la interazione con le altre forme di utilizzo della medesima falda, la "invarianza termica" per gli impianti combinati di riscaldamento/raffrescamento.



Definizioni dei termini più utilizzati (Fonti: Wikipedia e bibliografia tecnica consultata)

1. **Pompa di calore:** è una macchina in grado di trasferire calore da un corpo a temperatura più bassa ad un corpo a temperatura più alta, utilizzando energia, generalmente in forma elettrica. La **pompa di calore geotermica** utilizza il terreno o l'acqua che si trova nel terreno come fonte o come dispersore di calore. Il trasporto dell'energia termica è effettuato mediante la stessa acqua o mediante una soluzione con liquido antigelo.

2. **Impianto geotermico chiuso:** il calore è intercettato dal terreno per mezzo di una tubazione continua sotterrata, con al suo interno un fluido refrigerante o liquido antigelo mantenuto a bassa temperatura e pressurizzato. La tubazione è posta verticalmente (*sonda geotermica verticale*) in fori di 150 mm. Di solito sono necessari tra 80 e i 110 m di tubazione ogni 3,5 kW di capacità della pompa di calore. Quando gli spazi sono maggiori, la tubazione ("*collettore orizzontale*") è posta orizzontalmente a piccola profondità (1-3 m). Di solito sono necessari tra i 120 e i 180 m di tubazione ogni 3,5 kW di capacità della pompa di calore.

3. **Impianto geotermico aperto:** nel sistema aperto si estrae l'acqua da una falda sotterranea, la si porta fino allo scambiatore di calore e quindi la si scarica in un corso d'acqua, di nuovo nella medesima falda o in un bacino appositamente costruito (e che permetta la reinfiltrazione verso il terreno).

4. **Coefficiente di prestazione** (Coefficient of Performance - COP): parametro che misura la resa di una pompa di calore, dato dal rapporto tra energia resa (alla sorgente di interesse) ed energia consumata (di solito elettrica), usualmente indicato in *fisica tecnica* come coefficiente di effetto utile. Un valore del COP pari, ad esempio, a 3 indica che per ogni kWh d'energia elettrica consumato, la pompa di calore renderà 3 kWh di calore. In fase di raffreddamento la prestazione di una pompa di calore è descritta dall'EER (*energy efficiency ratio*) o dall'SEER (*seasonal energy efficiency ratio*), migliori quanto più elevati.

5. **Conducibilità** o **conduttività termica** (indicata con λ o k , si misura in $W / (m * K)$): è il rapporto, in condizioni stazionarie, fra il flusso di calore e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore. In altri termini è il flusso di calore trasmesso per un corpo di superficie di $1 m^2$ e spessore pari ad 1 m per una differenza di temperatura di 1 grado Kelvin.



6. **Diffusività termica** (o "conducibilità termometrica"), è il rapporto fra la conducibilità termica e il prodotto fra densità e calore specifico (capacità termica) della data sostanza (espressa nel Sistema internazionale in m^2/s , analogamente a tutte le "diffusività") e misura l'attitudine di una sostanza a trasmettere, non il calore, bensì una variazione di temperatura. . Descrive la velocità con la quale il calore attraversa un mezzo.

7. **Test di Risposta termica** (Thermal Response Test -TRT, Ground Response Test- GRT): test termoidraulico condotto su una sonda geotermica finalizzato a determinare sperimentalmente la sua capacità di scambio termico con il terreno ed, in particolare la Conducibilità termica della roccia, la Resistenza termica della sonda ed, in definitiva, la potenza specifica estraibile dal terreno (W/m).

8. **Resistenza termica della sonda** (“Borehole Thermal Resistance” o “Resistenza termica del pozzo” R_b): parametro che definisce la relazione di proporzionalità tra il gradiente di temperatura che si verifica tra il fluido termovettore nella tubazione e la parete esterna della sonda a contatto col terreno ed il corrispondente flusso di calore; si esprime in $K / (W/m)$

9. **Carta Geo Energetica:** *Cartografia tematica di tipo conoscitivo e prescrittivo di base* dinamica da implementare con un SIT (Web-Gis). Contiene le informazioni per definire gli indirizzi ed i criteri generali per la pianificazione a larga scala (Regionale – Provinciale) indicando il percorso conoscitivo-prescrittivo con le precauzioni e le limitazioni all'utilizzo della risorsa geotermica da seguire nella progettazione esecutiva, in particolar modo nei confronti delle risorse idriche superficiali e sotterranee. Si compone di due elaborati:

Cartografia tematica conoscitiva di base, che associa alle caratteristiche litologiche ed idrogeologiche del territorio le principali caratteristiche fisiche e termo fisiche delle diverse formazioni rocciose (es. Conducibilità termica, Diffusività termica, Capacità termica, Porosità) di interesse per le applicazioni geotermiche a bassa entalpia, corredata di eventuali informazioni di tipo geofisico sul flusso di calore nella crosta terrestre, e di tipo idrogeologico ed idraulico sulla risorsa acqua da sfruttare per fini geotermici

Cartografia tematica prescrittiva di base, che sulla base delle informazioni e dati tratti dalla cartografia conoscitiva di base, definisce le limitazioni e prescrizioni per la tutela e lo sfruttamento della risorsa geotermica, in funzione anche alle destinazioni d'uso dei terreni, della compatibilità con il sistema vincolistico in generale, ed in particolare la compatibilità geologica, idrogeologica, geomorfologica, idraulica secondo la tipologia degli impianti geotermici a bassa entalpia.

10. **S.C.I.A.:** Segnalazione Certificata di Inizio Attività