

MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
LEGGE 9 DICEMBRE 1986, N. 896 "DISCIPLINA DELLA RICERCA E DELLA COLTIVAZIONE DELLE RISORSE GEOTERMICHE"  
CNR - ENEA - ENEL - ENI / AGIP

**INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE NAZIONALI  
REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA**

DIREZIONE SERVIZI CENTRALI ESPLORAZIONE-RISORSE GEOTERMICHE-SERG



MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
LEGGE 9 DICEMBRE 1986, N. 896 "DISCIPLINA DELLA RICERCA E DELLA COLTIVAZIONE DELLE RISORSE GEOTERMICHE

CNR - ENEA - ENEL - ENI / AGIP

**INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE NAZIONALI**

**REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA**

RAPPORTO

DICEMBRE 1987

INDICE

PREMESSA

1.	CENNI DI GEOLOGIA	Pag. 1
2.	IDROGEOLOGIA	" 2
3.	SORGENTI TERMALI	" 3
4.	GEOTERMIA	" 3
5.	UTILIZZAZIONI	" 4

BIBLIOGRAFIA

APPENDICE

ALLEGATI

TAVOLA 1 - SCHEMA GEOIDROLOGICO

TAVOLA 2 - ISOBATE DEL TETTO DEI CALCARI

TAVOLA 3 - ISOTERME A 2000 m DAL PIANO CAMPAGNA

- SCHEDE SORGENTI (All. A)

SCHEDE POZZI (All. A)

- MISURE DI TEMPERATURA IN POZZO (All. B)

- PREMESSA

Il presente documento è stato curato da ENI-AGIP ed è parte dell'Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali, eseguito per conto del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato da parte di CNR, ENEA, ENEL ed ENI-AGIP.

Lo scopo del lavoro è di fornire una raccolta di elementi utili per la conoscenza delle risorse geotermiche del Friuli.

Il documento si compone di un Rapporto, con tavole annesse, in cui vengono esaminate e descritte le caratteristiche idrogeologiche e geotermiche dei principali acquiferi individuati.

Al Rapporto fanno seguito una raccolta di dati di sorgenti e di pozzi per idrocarburi, con informazioni di carattere idrogeologico sugli acquiferi ad acqua dolce attraversati dai pozzi (Allegato A) ed una raccolta di schede contenenti misure di temperatura effettuate in pozzi per idrocarburi a varie profondità (Allegato B).

In conformità con gli obiettivi dell'Inventario, una parte della documentazione citata (informazioni contenute nelle schede più recenti dell'Allegato B) è già stata trasferita nella Banca Dati Geotermici esistente presso l'Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche di Pisa del CNR.

La documentazione rimanente sarà trasferita successivamente, insieme con i dati che via via si raccoglieranno a completamento dell'Inventario, a partire da quelli riguardanti i pozzi perforati da altre Compagnie, e di cui l'AGIP sta curando la raccolta per conto del Ministero.

Le considerazioni conclusive contenute nel presente rapporto, così come le estrapolazioni effettuate per la compilazione delle tavole annesse, hanno carattere generale e richiedono pertanto ulteriori indagini ed approfondimenti per una loro utilizzazione puntuale.

I successivi aggiornamenti dell'Inventario, già previsti dalla legge 9 dicembre 1986, n°896, permetteranno di migliorare via via l'affidabilità delle conoscenze riguardanti le entità ed ubicazione delle risorse geotermiche regionali.

## FRIULI-VENEZIA GIULIA

### 1. CENNI DI GEOLOGIA

L'assetto geologico della Regione (Tav. 1) è caratterizzato dalla presenza di:

- complessi a componente carbonatica prevalente negli affioramenti alpini che comprendono il settore più orientale delle Alpi Calcaree Meridionali e l'inizio di quelle Dinariche. Dal punto di vista stratigrafico i sedimenti del Mesozoico e Cenozoico giacciono su una successione Paleozoica molto estesa e potente nel settore settentrionale del territorio citato.
- Complesso di terreni a prevalente componente clastica rappresentato da sedimenti flyschiodi nel settore di bordo prealpino fra il fiume Tagliamento e il fiume Isonzo;
- Complesso alluvionale costituito da clastici a granulometria variabile nel settore di pianura fino alla costa adriatica.

Gli elementi tettonici più appariscenti mostrano un orientamento prevalentemente E - W, in accordo con quello generale delle Alpi meridionali; nell'estremo lembo orientale della Regione la direzione degli elementi strutturali citati assume una orientazione dinarica (NW - SE).

I profili litostratigrafici dei pozzi e i dati forniti dalla prospezione geofisica per idrocarburi, che consiste per la massima parte in rilievo sismico a riflessione, hanno permesso di ricostruire l'andamento del tetto del complesso carbonatico mesozoico al di sotto della copertura costituita dai sedimenti clastici del Terziario e Quaternario nel settore di pianura (Tav. 2).

## 2. IDROGEOLOGIA

La ricostruzione dell'assetto geologico - strutturale, la successiva valutazione del tipo e grado di permeabilità dei terreni affioranti e di quelli presenti nei pozzi, hanno permesso di identificare nelle grandi linee l'assetto idrogeologico regionale.

Da quest'ultimo punto di vista è possibile suddividere il territorio studiato in due grandi aree.

L'area montuosa, in cui sono presenti litotipi a componente carbonatica prevalente, presenta una intensa tettonizzazione e, in via subordinata, carsismo. Tali condizioni influiscono sulla circolazione delle acque sotterranee e provocano generalmente un frazionamento degli acquiferi presenti limitandone dimensioni e potenziale produttivo.

Nell'area di pianura è presente una successione di litotipi clastici che rappresenta la copertura della serie carbonatica profonda. La parte Quaternaria di tale successione è la sede di un potente acquifero che viene comunemente utilizzato. La successione clastica sottostante presenta caratteristiche idrogeologiche tali da non poter costituire la sede di acquiferi di qualche rilievo.

Alla luce di quanto finora descritto sul territorio studiato, possono essere individuate due unità idrogeologiche principali:

- acquifero alluvionale Quaternario;
- acquifero carbonatico Mesozoico.

L'acquifero Quaternario, a totale componente clastica, è suddiviso in due settori dalla linea di emergenza della falda (linea delle risorgive). Tale linea separa una zona a Nord, caratterizzata da alta permeabilità ed acquiferi freatici, da una zona a Sud con permeabilità più ridotta e presenza di livelli artesiani.

I sedimenti carbonatici affioranti nella zona alpina costituiscono unità idrogeologiche con alcune differenziazioni al loro interno. Tali differenze riguardano il tipo di permeabilità da attribuire, settore per settore, sulla base del grado di tettonizzazione, del contenuto percentuale di carbonato di calcio rispetto al carbonato di magnesio e dell'ambiente di sedimentazione: permeabilità di tipo secondario per fratturazione e carsismo per i carbonati a più alta

percentuale di carbonato di calcio e per sola fratturazione per quelli ad alta componente dolomitica; possibilità di porosità e permeabilità primaria per i carbonati depositi in ambiente di sedimentazione di "reef" e "talus".

Per quanto concerne la successione carbonatica presente nel sottosuolo della pianura friulana, alla luce della ridotta informazione disponibile, si è ritenuto che la permeabilità di tipo secondario debba essere attribuita principalmente a fratturazione.

### 3. SORGENTI TERMALI

Le manifestazioni termali della Regione sono costituite da:

- sorgente Terme Romane in Comune di Monfalcone (UD) con acque alla temperatura di 36,5°C.
- pozzi 4, 5, 6, 7 e 8 in Comune di Latisana (UD) con profondità di circa 400 m e temperatura dell'acqua che varia dai 29° ai 40,5°C.

### 4. GEOTERMIA

La ricostruzione dell'assetto idrogeologico ha permesso di individuare i due principali serbatoi di acque sotterranee della Regione.

L'informazione disponibile sulla temperatura dei fluidi di strato è limitata a pochi punti rappresentati da pozzi petroliferi, la sorgente di Monfalcone e da pozzi con acque calde nell'area di Latisana nei pressi della foce del Tagliamento.

Per quanto concerne gli acquiferi carbonatici che ricadono nella zona orogenetica alpina questi, pur dotati di buone caratteristiche di permeabilità, si presentano molto frazionati e con valori di temperatura tali da non suscitare interesse dal punto di vista geotermico.

Nella zona occidentale della pianura, il tetto dell'acquifero carbonatico mesozoico degrada dai 1000 metri della zona costiera ai 3000 m bordo alpino.

5. UTILIZZAZIONI

I pozzi di Latisana sono utilizzati da privati per itticoltura e climatizzazione.

### Bibliografia essenziale

- AGIP, 1977: Temperature Sotterrrane, Milano.
- AGIP: Profili stratigrafici di pozzi per idrocarburi, documenti interni.
- COMMISSIONE DELLE COMUNITA' EUROPEE, 1982: Studio delle Risorse Idriche sotterranee dell'Italia, Ed. Th. Schafer, D - 3000, Hannover 1.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1984: Assessement of the Ec Geothermal Resource and Reserves, comp. by Italian Working Group, CEE Report.
- CNR, PFE, 1982: Contributo alla conoscenza delle risorse geothermiche del territorio nazionale, vol. RF 13, Roma.
- CNR-PFE, 1982: Manifestazioni idrotermali italiane, vol. RF13 (appendice), Roma.
- DAL PRA' A., STELLA L., 1978: Primo contributo alla conoscenza del termalismo idrico della bassa pianura veneto-friulana alle foci del F. Tagliamento. Quaderni IRSA, vol. 34, n. 16, pp. 387 - 401.
- DELLA VEDOVA B., PELLIS G. 1980: Deep thermal trends for the Po valley. From AGIP temperature measurements, Boll. Geof. e Tec. Appl. , 22(86), Trieste.
- ENI-AGIP, 1972: Acque dolci sotterranee, Milano.
- MINISTERO LAVORI PUBBLICI: Consiglio Superiore Servizio Idrografico, 1966: Carta delle temperature medie annue vere in Italia, Trentennio 1926-1955, Roma.
- MONGELLI F., 1981: Evaluation of geotemperatures from oil-wells in Italy. Geothermics vol. 10, n. 1, pp. 29-38.
- MONGELLI F., SQUARCI P., 1982: Flusso di calore in terra, CNR-PFE, vol. RF 13.

## APPENDICE

### I - Provenienza dei dati

I dati che consentono la compilazione di un inventario delle risorse geotermiche provengono da misure e determinazioni effettuate espressamente per fini geotermici oppure per altri scopi.

Essi si riferiscono a parametri fisici, petrofisici, chimici ed idraulici direttamente misurati sui fluidi provenienti dal sottosuolo per erogazione spontanea (sorgenti, fumarole, ecc.) e per estrazione o venuta a giorno (pozzi perforati, gallerie, ecc) e sulle rocce che li contengono, oppure provengono da attività di esplorazione di superficie (indagini geologiche, geofisiche, ecc.). In genere le informazioni raccolte per fini non espressamente geotermici (ricerca per idrocarburi e mineraria, ricerca d'acqua, gallerie stradali, fondazioni, geotecnica, ecc.) sono assai più abbondanti di quelle ricavate nel corso di attività dichiaratamente geotermiche e costituiscono il nucleo principale di un inventario geotermico, fatta eccezione per talune aree a vocazione geotermica (Toscana e alcune zone della Campania).

Le informazioni utilizzate per la compilazione dell'inventario delle risorse geotermiche della Regione provengono essenzialmente dalle operazioni di ricerca per idrocarburi sviluppate dall'AGIP negli ultimi decenni, in esclusiva od in Joint Venture.

Altre informazioni di interesse geotermico provengono da studi e rilievi geologici e geofisici eseguiti da privati, Enti terzi od Istituti Universitari; i documenti più significativi sono citati nell'elenco bibliografico allegato.

La conoscenza e valutazione delle risorse geotermiche disponibili in una data area non può prescindere dalla profondità cui si può economicamente spingere la coltivazione. Allo stato attuale tale profondità è valutabile intorno ai 2000-2500 m nel campo della bassa entalpia. Pertanto, nella compilazione del presente inventario, sono stati presi in esame dati entro tale limite di profondità.

### II - Risorse geotermiche a loro determinazione

Secondo la definizione ufficiale italiana (bozza del regolamento di attuazione della legge 9 Dicembre 1986 n°896) le RISORSE GEOTERMICHE rappresentano l'energia termica derivante dal calore terrestre estraibile mediante fluidi geotermici, che a loro volta sono o quelli esistenti naturalmente nel sottosuolo o quelli immessi artificialmente.

Per basse temperature (inferiori a 100°C) il fluido è rappresentato da acqua (campo della bassa entalpia).

Per valutare la redditività della risorsa geotermica è necessario conoscere temperatura, portata e qualità del fluido geotermico.

La temperatura del fluido all'origine deve essere la più elevata possibile, in modo da consentire un salto termico ( $\Delta T$ ) significativo rispetto alla temperatura di restituzione; naturalmente le calorie fornite dal fluido geotermico sono proporzionali, oltre che al salto termico  $\Delta T$ , alla portata di erogazione ( $Q$ ) del fluido dal pozzo o dalla captazione.

Per bassi valore del prodotto  $Q \times \Delta T$  i benefici dell'energia geotermica sono così scarsi da non consentire una utilizzazione redditizia, salvo l'uso di pompe di calore che comunque hanno un costo adizionale da prendere in considerazione.

Circa la qualità dell'acqua geotermica, se il contenuto salino è elevato, tale da impedire la immissione in un corpo d'acqua superficiale, l'acqua, dopo l'impiego, deve essere reintrodotta nel sottosuolo, e richiederà pertanto la perforazione di un pozzo di reiniezione accanto al pozzo di produzione; il costo della risorsa cresce quindi notevolmente.

Un ulteriore elemento essenziale per assicurare la fattibilità di un progetto geotermico per usi non elettrici è la concomitanza di risorse ed utenze, non essendo economico il trasporto a distanza dell'acqua calda.

Nei paragrafi che seguono ci limitiamo ad alcuni cenni miranti ad illustrare le modalità impiegate per la determinazione della temperatura, della portata di erogazione e della salinità dell'acqua geotermica.

### III - Parametri e metodologia di determinazione

#### a - Temperatura

La temperatura nel sottosuolo in condizioni omogenee ed isotrope aumenta con l'aumentare della profondità, secondo la legge

$$T_1 = T_0 + \frac{p_1 - p_0}{100} \times \text{grad}$$

Ove  $T_1$  = temperatura alla profondità  $p_1$  (°C)

$\text{grad}_{100}$  = gradiente termico: aumento di temperatura espresso in °C per un approfondimento di 100 m (°C/100 m)

$p_1$  = profondità richiesta (m)

$p_0$  = profondità minima dal piano campagna in cui vengono meno l'escursione termica diurna e stagionale (m)

$T_0$  = temperatura alla profondità  $p_0$ : corrisponde in genere alla temperatura media annua del luogo ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Le misure di temperatura più frequenti sono quelle effettuate nei pozzi per idrocarburi nel corso di esecuzione dei carotaggi elettrici; più rare sono le misure di temperatura effettuate sui fluidi erogati da pozzi per idrocarburi nel corso di prove di produzione.

Le prime misure sono in genere approssimate per difetto per mancata stabilizzazione della temperatura in pozzo. Il metodo di Fertl-Wichmann (Fertl W.H., Wichmann P.A., 1977. "How to determine static BHT from well log data." World oil, January 1977) permette di ricavare la temperatura stabilizzata qualora siano disponibili misure di temperatura in tempi diversi ad una stessa profondità.

Conoscendo più valori di temperatura stabilizzata a differente profondità, si può tracciare, eventualmente correggendola in funzione della conducibilità termica delle formazioni attraversate, una spezzata che descrive l'andamento della temperatura con la profondità.

Dal grafico così ottenuto possiamo ricavare la temperatura del fluido geotermico negli acquiferi di interesse.

Il gradiente termico medio terrestre è di circa  $3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ .

Nelle regioni dell'Italia Settentrionale ed in quelle periadriatiche, salvo rare eccezioni, i gradienti geotermici si aggirano fra  $1,5$  e  $2,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ; essi sono più elevati nelle regioni tirreniche (Toscana - Lazio - Campania) sedi di distretti geotermici di primaria importanza per le risorse geotermiche di alta temperatura.

## b - Portata di erogazione

La portata di erogazione del fluido geotermico è funzione della permeabilità (K) e della potenza (s) dell'acquifero, (ovvero della trasmissività  $T = K \times s$ ) e dell'abbassamento di livello ( $\Delta S$ ) compatibile con le caratteristiche tecniche del completamento e con la economicità della gestione dei pozzi.

Nel caso di sorgenti la portata dipende ancora dalle permeabilità dell'acquifero, ma, essendo vincolata la quota del punto di erogazione, essa dipende dal carico idraulico nell'acquifero, e pertanto varia secondo cicli stagionali e pluriennali.

La determinazione della permeabilità K (o della trasmissività T) di un acquifero di interesse geotermico attraversato da pozzi viene eseguita sia mediante prove di produzione, sia in laboratorio, con misure su carote (in quest'ultimo caso, per possedere gli elementi utili conoscere la produttività di un pozzo, occorre poter effettuare le misure su tutti i livelli permeabili presi in considerazione).

La attendibilità dei dati delle prove di produzione è più elevata di quella dei dati ottenuti da carote, anche perchè generalmente il carotaggio è solo parziale.

Nel caso di pozzi eseguiti espressamente per scopi geotermici le prove di produzione negli acquiferi di interesse sono adeguate; invece nei pozzi per idrocarburi, che sono la fonte più abbondante e diffusa di dati per la geotermia di bassa entalpia, le prove di produzione nei serbatoi d'interesse geotermico sono piuttosto rare. Le determinazioni di permeabilità su carote nel caso di pozzi per idrocarburi sono da prendere con cautela, poichè per lo più la permeabilità vi è stata ricavata in funzione del fluido gas od olio, obiettivi dell'esplorazione petrolifera, anzichè del fluido acqua, obiettivi della geotermia: l'acqua, rispetto al gas, può determinare nella roccia serbatoio, soprattutto in preseza di argilla, variazioni significative di permeabilità.

Una conoscenza sufficientemente dettagliata della permeabilità dell'acquifero è essenziale per la progettazione di un impianto geotermico; infatti la permeabilità delle rocce serbatoio può variare da luogo a luogo anche di vari ordini di grandezza, pur nell'ambito di uno stesso tipo litologico.

Per fare un esempio; nel caso delle sabbie-ghiaie-arenarie si può passare da valori di permeabilità di 10 mD (millidarcy) a valori di  $10^4$  mD. E' evidente che il parametro permeabilità, a causa di differenti valori che gli competono nelle varie formazioni acquifere, talora anche nello stesso orizzonte, è spesso più determinante del parametro temperatura in un progetto geotermico. In conclusione si può affermare che allo stato attuale non vi è una adeguata conoscenza della produttività degli acquiferi individuati.

In genere le indicazioni di produttività degli acquiferi contenute nel presente rapporto si riferiscono alle portate erogabili da pozzi di medio diametro con un abbassamento di livello di 100 metri.

La portata di erogazione-reiniezione dei pozzi è un vincolo da prendere in considerazione per valutare la economicità di un progetto geotermico.

Allo stato attuale si può affermare che la portata di un singolo pozzo comincia a diventare interessante quando supera la soglia dei  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  in presenza delle seguenti condizioni: livelli produttivi a profondità di 1500-2000 m; livello statico delle falde idriche a profondità di 100 metri; necessità di iniettare l'acqua geotermica dopo il prelievo di calore; gradiente geotermico da 2 a  $3^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ ; abbassamento di livello di 100 m in corso di produzione.

Condizioni più favorevoli, naturalmente, possono consentire l'economicità di un progetto anche con portate proporzionalmente inferiori.

## c - Salinità dell'acqua geotermica

L'acqua nel sottosuolo è in genere caratterizzata da un aumento progressivo con la profondità del contenuto in sali disciolti.

Il fenomeno, laddove non è oggetto di processi più complessi, è spiegato dalla difficoltà di penetrazione in profondità delle acque di infiltrazione meteorica e dalla dissoluzione dei sali minerali delle rocce serbatoio ad opera delle stesse acque di circolazione.

A parità delle altre condizioni, la presenza di acque dolci in profondità può essere messa in relazione con una buona permeabilità dell'acquifero.

L'interesse nella determinazione della qualità delle acque di impiego geotermico risiede nel fatto che le acque dolci in genere possono venir smaltite in superficie senza richiedere l'extra costo di un pozzo di reiniezione o possono essere utilizzate per scopi congiunti (irrigazione, acqua calda sanitaria ecc.).

La documentazione esistente dei pozzi per idrocarburi permette di solito una discreta definizione del limite fra le acque dolci e le acque salmastro-salate.

La profondità della base delle acque dolci, riportata sulle schede dei pozzi per idrocarburi, è stata identificata soprattutto mediante i logs elettrici, e viene convenzionalmente fatta corrispondere al valore di resistività elettrica misurata di 20 ohm x m in formazioni acquifere rappresentate da sabbie pulite.

Al di sotto di tale valore di resistività (cui corrisponde una salinità dell'acqua di circa 1 g/litro), l'acqua contenuta nella formazione è considerata salmastra, e salata quando scende sotto i 2 ohm x m, cui compete una salinità indicativa di 25 g/l.

