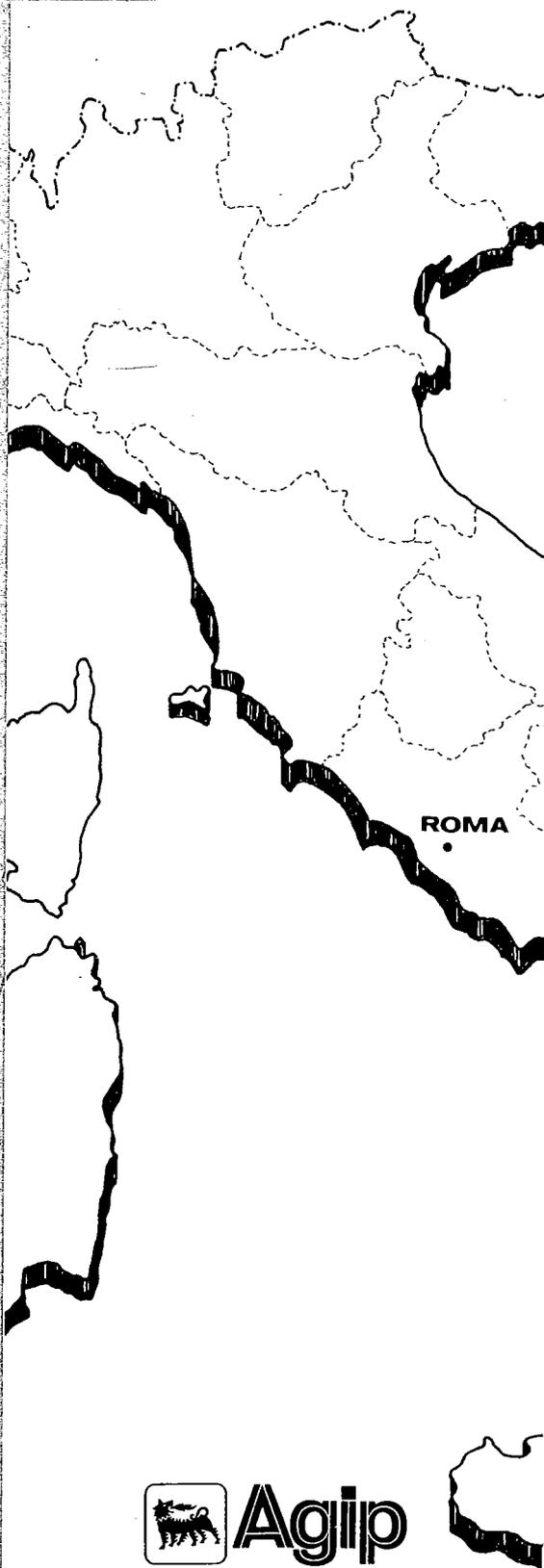


MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
LEGGE 9 DICEMBRE 1986, N. 896 "DISCIPLINA DELLA RICERCA E DELLA COLTIVAZIONE DELLE RISORSE GEOTERMICHE
CNR - ENEA - ENEL - ENI / AGIP

**INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE NAZIONALI
REGIONE PUGLIA**



DES-DIREZIONE SERVIZI CENTRALI ESPLORAZIONE-RISORSE GEOTERMICHE-SERG



Agip

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 PUGLIA**

RAPPORTO

DICEMBRE 1987

REGIONE PUGLIA

INDICE

PREMESSA

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

BIBLIOGRAFIA

APPENDICE

ALLEGATI

- TAVOLA 1 - SCHEMA GEOIDROLOGICO
- TAVOLA 2 - TETTO DEI CARBONATI
- TAVOLA 3 - ISOPACHE DEL PLIO-PLAISTOCENE
- TAVOLA 4 - ISOTERME A 2000 m DAL PIANO CAMPAGNA
- SCHEDE SORGENTI (Al. A)
- SCHEDE POZZI (Al. A)
- MISURE DI TEMPERATURA IN POZZO (Al. 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 della Puglia.

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.

1. CENNI DI GEOLOGIA

L'assetto geologico del territorio regionale può essere sintetizzato come segue (Tavv. 1 e 2):

- settore orientale, prospiciente la costa adriatica, con presenza di due grandi strutture carbonatiche rappresentate dal promontorio del Gargano e dalle Murge; le dorsali carbonatiche del Mesozoico sono parzialmente ricoperte da terreni terziari costituiti da calcareniti, calcari bioclastici, brecce e da depositi da fini a grossolani del Quaternario.
- settore centrale pianeggiante, (Tavoliere delle Puglie e Fossa Bradanica) dove affiorano sedimenti clastici recenti;
- settore appenninico a NW con affioramento di sequenze arenaceo - marnose e calcareo - marnose di tipo flyschoidi ed argille con inclusi di natura litologica eterogenea.

Le faglie di tipo diretto presenti nel Gargano e nelle Murge suddividono la struttura in diversi blocchi; esse sono determinate da una tettonica di tipo distensivo. Poco accentuati sono i piegamenti le cui direzioni seguono prevalentemente la direttrice appenninica.

Nel settore centrale il substrato carbonatico è ancora caratterizzato da una tettonica blanda.

Nel settore occidentale del territorio pugliese l'assetto strutturale è correlabile ad una tettonica di tipo gravitativo che ha provocato la formazione di accavallamenti e faglie inverse con prevalente vergenza ad oriente.

2. IDROGEOLOGIA

L'assetto idrogeologico del territorio regionale segue per grandi linee quello geologico. Le principali unità descritte in precedenza per i tre settori della regione sono dotate di differente tipo e grado di permeabilità: i massicci carbonatici del Gargano e delle Murge presentano permeabilità secondaria di tipo misto per fratturazione,

fessurazione e carsismo. I piani di fratturazione verticale e il carsismo favoriscono il movimento verticale delle acque mentre quello orizzontale è favorito dai giunti di stratificazione.

Le calcareniti terziarie, in posizione sovrapposta ai sedimenti carbonatici descritti, hanno un grado di permeabilità direttamente collegato alla densità e distribuzione delle fratture subverticali che le interessano.

Rocce poco permeabili o praticamente impermeabili si rinvencono nella fascia montana appenninica dove esistono acquiferi locali di scarsa rilevanza che hanno la loro sede nei livelli arenarei e calcarei compatti che hanno subito una più intensa fratturazione.

I sedimenti affioranti nell'area del Tavoliere e della Fossa Bradanica, costituiti da clastici a granulometria variabile e permeabilità primaria per porosità, sono la sede di un acquifero superficiale intensamente utilizzato. I depositi clastici quaternario-pliocenici sottostanti sembrano presentare in alcuni settori caratteristiche di buona permeabilità.

Le alluvioni fluviali dei corsi d'acqua, limitatamente alla zona montana, sono anch'essi sede di acquiferi di non grandi dimensioni e capacità produttiva.

Le manifestazioni sorgentizie più significative della Puglia hanno luogo nell'area garganica e murgiana. Tali sorgenti sono principalmente ubicate lungo tratti di costa ben definiti dove, in stretto rapporto con le caratteristiche di permeabilità dei litotipi affioranti, si stabiliscono vie preferenziali di deflusso della falda di fondo dei massicci carbonatici. Si tratta di sorgenti di varia tipologia con portate notevoli, dell'ordine di decine di litri al secondo.

3. SORGENTI TERMALI

Le manifestazioni termali della Regione sono rappresentate da:

- sorgente Fedita in Comune di S. Cesarea T. (LE) con acque alla temperatura di 24°C;

- sorgente Siponto in Comune di Manfredonia (FG) con acque alla temperatura di 22°C;
- sorgente S. Nazario in Comune di Sannicandro (FG) con acque alla temperatura di 27°C.

4. GEOTERMIA (Tav. 4)

In base alla ricostruzione degli assetti geologico, di temperatura ed idrogeologico il territorio della regione può essere suddiviso in settori le cui caratteristiche geotermiche possono essere sintetizzati come segue:

- settore appenninico, in cui i complessi di flysch non possono costituire serbatoi geotermici per mancanza di permeabilità e temperatura mentre i sottostanti acquiferi carbonatici presentano caratteristiche di potenziali reservoirs, ma non raggiungono valori di 60°C a 2000 m di profondità;
- Fossa Bradanica, in cui i potenziali serbatoi a componente clastica vengono regolarmente alimentati dalle acque meteoriche; il sottostante serbatoio carbonatico, che si approfondisce da Est verso Ovest, presenta temperature inferiori a 60°C a 2000 m nella parte orientale, valori di poco superiori ai 60°C presso il margine appenninico;
- settore orientale, dove son presenti i massicci carbonatici del Gargano e le Murge nonché il substrato carbonatico mesozoico sepolto a piccole profondità del Tavoliere: essi sono sede di importanti falde di fondo, alimentate direttamente dalle precipitazioni meteoriche e poggianti su acque salmastre di intrusione marina. Tali condizioni impediscono alla falda di raggiungere valori interessanti di termalità.

In sintesi la zona di maggiore interesse potenziale è una fascia NNW-SSE situata ad W di Foggia, ove a temperature discrete si abbinano un substrato calcareo non troppo profondo oppure depositi clastici di coperture purchè abbastanza permeabili (Tav. 3).

5. UTILIZZAZIONI

Al momento si hanno solo utilizzazioni di tipo terapeutico nella stazione di S. Cesarea Terme.

Bibliografia essenziale

- AGIP, 1977: temperature sotterranee, Milano.
- AGIP: profili stratigrafici di pozzi per idrocarburi, Documenti interni.
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U., MOSTARDINI F. TONNA M., 1982: Il Plio-Pleistocene del sottosuolo pugliese, Geologica Romana, in stampa.
- CARISSIMO L., D'AGOSTINO O., LODDO C., PIERI M., 1963: Petroleum exploration y Agip Mineraria and new geological information in Central and Southern Italy from the Abruzzi to Taranto Gulf, Atti VI Congr. Int. Petroleum, 267 - 292. Frankfurt.
- CASNEDI R., CRESCENTI U., TONNA M., 1982: Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Plio - Pleistocene, Mem. Soc. Geol. It., 24, 243 - 260.
- 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: Assesement of EC Geothermal Resources and Reserves, comp. by Italian Working Group, CEE Report.
- COTECCHIA V., MAGRI G., 1966: Idrogeologia del Gargano, Geol. Appl. e Idrogeol., 1, 1-86, Bari.
- CNR - PFE, 1982: Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio italiano, volume RF 13, Roma.
- ENI - AGIP, 1972: Acque dolci sotterranee, Roma.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1973: Schema geologico dell'Appennino Meridionale, Acc. Naz. Lincei, Quaderno B, Roma.

- GRASSI D., 1973: Aspetti fondamentali dell'idrogeologia carsica delle Murge (Puglia) con particolare riferimento del versante adriatico, Geol. Appl. e Idrogeol., 8, 45-61, Bari.
- LODDO M., MONGELLI F., 1979: Heat flow in Italy, Pageoph., Vol. 117, n 1/2.
- MINISTERO LAVORI PUBBLICI: Consiglio Superiore Servizio Idrografico, Carta delle temperature medie annue vere in Italia, trentennio 1926 - 1955, Roma.
- MONGELLI F., CIARANFI A., TRAMACERE G., ZITO P., PERUSINI P., SQUARCI P., TAFFI L., 1983: Contributo alla mappa di flusso geotermico in Italia: dalle Marche alla Puglia, Atti del 2° Convegno del Gruppo Nazionale della Terra Solida, Roma.
- MOSTARDINI F., MERLINI S. 1986: Appennino Centro - meridionale, sezioni geologiche e proposta di modello strutturale, Documento AGIP per il 73 Congresso Soc. Geol. Ital., in corso di stampa.
- PIERI M., 1966: Tentativo di ricostruzione paleogeografico-strutturale dell'Italia centro - meridionale, Geologica Romana, 5, 407-424, Roma.

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 (ΔT) significativo rispetto alla temperatura di restituzione; naturalmente le calorie fornite dal fluido geotermico sono proporzionali, oltre che al salto termico ΔT , 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

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

Ove T_1 = temperatura alla profondità p_1 (°C)
 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 (ΔS) 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 presenza 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 10⁴ 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.

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 UMBRIA**

DES-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 UMBRIA**

RAPPORTO

DICEMBRE 1987

REGIONE UMBRIA

INDICE

PREMESSA

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

ALLEGATI

- TAVOLA 1 - SCHEMA GEOIDROLOGICO
TAVOLA 2 - TETTO DEI CARBONATI
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 dell'Umbria.

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.

1. GEOLOGIA (Tavv. 1 e 2)

Dal punto di vista geostrutturale il territorio regionale appartiene, per la quasi totalità, alla zona orogenetica appenninica con stile tettonico a pieghe - faglie.

I rilievi si sviluppano lungo dorsali montuose pressochè parallele aventi come direttrice fondamentale la catena appenninica centrale.

I litotipi presenti sono costituiti da rocce carbonatiche e clastiche, queste ultime con differente granulometria e grado di coesione.

Nel settore occidentale del territorio si ha una netta prevalenza dei sedimenti terrigeni rappresentati da arenarie con argilloscisti, arenarie e marne in strati alternati, flysch argillosi e, in subordine, calcari marnosi.

Nel settore orientale prevalgono i sedimenti carbonatici della serie Umbro - Marchigiana, del Trias sup.-Paleogene, strutturati in pieghe asimmetriche con vergenza ad oriente.

Le zone pianeggianti più estese del territorio regionale sono ubicate nella valle del F. Tevere, il cui corso medio alto attraversa la regione. Alcune piane inframontane testimoniano la presenza di antichi bacini lacustri. In tali aree sono presenti sedimenti clastici a granulometria molto varia, da grossolana a fine, con prevalenza della porzione più fine nei depositi lacustri e fluvio - lacustri.

2. IDROGEOLOGIA

Sulla base delle condizioni geologiche della Regione si può notare come essa sia caratterizzata dalla presenza in affioramento di rocce impermeabili o poco permeabili e di rocce a buona e diffusa permeabilità.

Nel primo gruppo sono da classificare i sedimenti clastici costituiti da alternanze di tipo flysch con grado di permeabilità esclusivamente secondaria assai limitato e casualmente distribuito. Ne consegue la presenza di acquiferi frazionati e di limitata potenzialità che si manifestano attraverso la presenza di sorgenti a regime stagionale.

I sedimenti carbonatici di età mesozoica, ed in particolare quelli del Giurassico inferiore (Calcere Massiccio), in cui sono presenti intensi fenomeni di fessurazione, fratturazione e subordinatamente carsismo, hanno ottime caratteristiche di permeabilità secondaria.

Tali caratteristiche permettono l'assorbimento in alta percentuale delle acque meteoriche e la costituzione all'interno delle strutture di falde di fondo con alto potenziale produttivo.

Le falde dei calcari vengono a giorno attraverso importanti sorgenti od alimentano gli acquiferi dei depositi clastici permeabili di zone pianeggianti contigue.

I depositi alluvionali di fondo valle, a permeabilità primaria di tipo intergranulare, costituiscono acquiferi di buon potenziale produttivo nei luoghi dove essi sono arealmente più estesi e di maggiore spessore.

3. SORGENTI TERMALI

La sorgente di Bagni di Triponzo, in Comune di Cerreto di Spoleto (PG), con acque alla temperatura di circa 30°C, è la manifestazione di maggiore interesse.

Dalle altre sorgenti: Buonriposo in Comune di Città di Castello (PG), Acqua Sulfurea in Comune di Massa Martana (PG), Bagni Termali in Comune di Parrano (TR), e nei Comuni di Sangemini e Castelviscardo sgorgano acque a temperatura compresa fra i 20°C e i 25°C.

Ni comuni di San Gemini e Catel Viscardo esistono sorgenti con acque appartenenti alla classe di temperature 18° + 30°C.

4. GEOTERMIA

Una ricostruzione delle caratteristiche geotermiche della Regione risulta difficile per la estrema scarsità di dati provenienti da misure di temperatura in profondità.

L'andamento delle isoterme porta tuttavia a riconoscere un gradiente superiore al normale nella parte occidentale della Regione ad W del meridiano di Perugia. Localmente si supererebbero in alcune località gli 80°C lungo il margine occidentale dell'Umbria (Tav. 3).

Per la parte meridionale della Regione, che, in base ad una ricostruzione effettuata, avrebbe un basso gradiente, non esiste alcun punto di controllo. Tenuto conto tuttavia delle caratteristiche strutturali del territorio, si dovrebbe essere in presenza di acquiferi compartimentati.

5. UTILIZZAZIONI

Le acque della sorgente di Bagni di Triponzo sono utilizzate a scopi balneoterapici. Non sono note altre utilizzazioni delle manifestazioni esistenti.

Bibliografia essenziale

AGIP, 1977: Temperature sotterranee, Milano.

CENTAMORE E., JACOBACCI A., MARTELLI G, 1973: Modello strutturale umbro-marchigiano, Boll. Serv. Geol. It. 93, 155-188, Roma.

CNR PFE, 1982: Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio italiano, volume RF 13, Roma.

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: Assesement of the EC Geothermal Resources and Reserves comp. by Italian Working Group, CEE Report.

ENI-AGIP, 1972: Acque dolci sotterranee, Roma.

LODDO M., MONGELLI F., 1979, Heat flow in Italy, Pageoph, volume 117, n 1/2.

MINISTERO LAVORI PUBBLICI 1966: Consiglio Superiore Servizio Idrografico, 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, volume RF 13 (appendice).

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 (ΔT) significativo rispetto alla temperatura di restituzione; naturalmente le calorie fornite dal fluido geotermico sono proporzionali, oltre che al salto termico ΔT , 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)

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 (ΔS) 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.