

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 PIEMONTE**

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 PIEMONTE**

RAPPORTO

DICEMBRE 1987

INDICE

Premessa

1. Cenni di geologia	Pag. 1
2. Caratteristiche idrogeologiche e geotermiche degli acquiferi	" 4
2.1. Acquiferi continui	" 4
2.2. Acquiferi discontinui	" 13
3. Sorgenti termali	" 16
4. Utilizzazioni	" 16
5. Conclusioni	" 17
Bibliografia sommaria	" 21

Appendice

ALLEGATI

Tavola 1 - Isobate del tetto delle Sabbie di Asti.

" 2 - Isopache delle Sabbie di Asti.

" 3 - Isobate del tetto degli acquiferi pliocenici.

" 4 - Isobate del tetto degli acquiferi pre-pliocenici.

Tavole 5 - Sezioni idrogeologiche (da 5A a 5D).

Tavola 6 - Isobate della base delle acque dolci.

" 7 - Isotherme a 1000 m dal piano campagna.

" 8 - Isotherme al tetto degli acquiferi pliocenici.

" 9 - Isotherme al tetto degli acquiferi pre-pliocenici.

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 Piemonte.

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

Il Piemonte è caratterizzato dalla presenza di una vasta area di pianura incorniciata dai rilievi delle Alpi e degli Appennini, aperta verso Est sulla pianura lombarda e suddivisa in due settori distinti dalle colline del Monferrato.

L'assetto strutturale è dovuto in massima parte all'orogenesi alpidica. Essa ha però coinvolto margini continentali già interessati da precedenti orogenesi, in particolare quella ercinica, ed ha dovuto quindi adattarsi ad un assetto strutturale preformato. Così si deve imputare a cause ereditate dall'orogenesi ercinica la curvatura della catena montuosa che fu poi esasperata da movimenti avvenuti in tempi più recenti.

Area Alpina

Ad ovest della "linea" Sestri-Voltaggio, e con le sole interruzioni dovute alla copertura del Bacino Terziario Piemontese, si è in presenza del dominio alpino vero e proprio, caratterizzato da uno stile strutturale a falde.

Le falde alpine sono state raggruppate in alcuni sistemi maggiori, dei quali sono presenti in Piemonte, più o meno estesamente, le Pennidi, le Elvetidi e le Alpi Meridionali (Fig. 1).

- Pennidi

Seguendo la direzione indicata dalla vergenza delle falde incontriamo: la Zona piemontese, la Zona brianzonese e la Zona sub-brianzonese.

La Zona piemontese è costituita da un basamento cristallino gneissico pre-triassico, rappresentante la crosta continentale della placca europea, fiancheggiato da un antico oceano sul cui fondo ofiolitico si depositarono ridotte sequenze silicee e potentissime ripetizioni a litologia argilloso-marnoso-calcareo con caratteristiche di flysch.

Nella Zona brianzonese, sopra gli scisti cristallini ad intrusioni granitiche, affiora a partire dal Carbonifero una sequenza sedimentaria potente migliaia di metri, con alternanze di argilloscisti, arenarie e conglomerati.

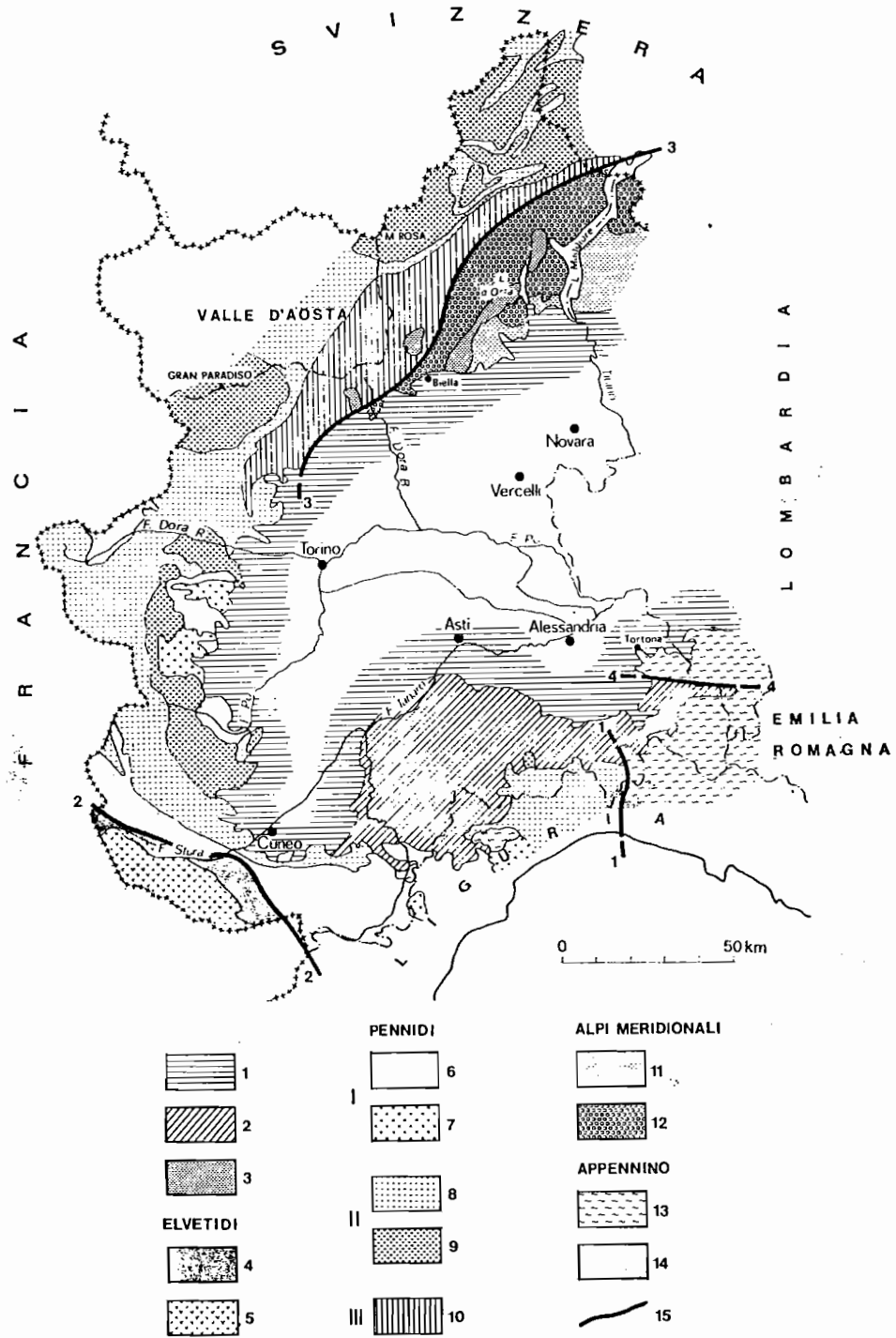


FIG. 1. Schema geologico del Piemonte (modif. da OGNIBEN *et al.*, 1975)

1. Bacino padano. 2. Bacino Terziario Piemontese. 3. Plutoniti. ELVETIDI: 4. Copertura sedimentaria; 5. Basamento cristallino. PENNIDI: I. Zona Brianzonese e sub Brianzonese; 6. Copertura vulcano-sedimentaria e metamorfica; 7. Nucleo cristallino. II. Zona piemontese: 8. Copertura sedimentaria e metamorfica, Pietre Verdi; 9. Nucleo cristallino. III. Zona Sesia-Lanzo e II Zona dioritico-kinzigitica: 10. Nucleo cristallino. ALPI MERIDIONALI: 11. Copertura vulcano-sedimentaria; 12. Substrato cristallino. APPENNINO: 13. Appennino settentrionale; 14. Collina di Torino; 15. «Linee» tettoniche: 1. «Linea» Sestri-Voltaggio; 2. Fronte dell'accavallamento pennidico; 3. «Linea» del Canavese; 4. «Linea» Villarvernia-Varzi.

(da: Geotecneco (1976). "Carta della montagna". Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste).

- Elvetidi

Sono costituite da un basamento cristallino granitico e gneissico precarbonifero che rappresenta la crosta continentale della placca settentrionale (placca paleo-europea avente il ruolo di avampase durante le fasi tettonogenetiche alpidiche). Questa affiora ora nei cosiddetti "massicci cristallini esterni", di cui solo l'Argentera interessa in parte il Piemonte. La copertura è data da sequenze sedimentarie che partendo dal Carbonifero (arenarie e conglomerati) si estendono a tutto il Mesozoico (con alternanze di formazioni calcaree e argilloscistose) per finire nel Paleogene con il Flysch di Annot.

- Alpi Meridionali

Nel settore settentrionale del Piemonte, tra Ivrea, la Val Vigizzo e l'apice nord del Verbano, decorre una linea strutturale di primaria importanza, che separa il retropaese alpino dal regno dei ricoprimenti penninici ed elvetici: la "linea" del Canavese. A SE di questa sono distinguibili: una prima area, abbastanza limitata, in cui affiora una sequenza sedimentaria che, con molte interruzioni, si estende dal Paleozoico al Cenozoico, e una seconda area più estesa in cui affiora il basamento cristallino (Massiccio dei Laghi).

Area Appenninica

L'ultima propaggine dell'Appennino settentrionale affiora nel settore sud-orientale del Piemonte fino a Tortona; esso continua verosimilmente ad ovest oltre la depressione di Alessandria, nel debole rilievo che da Valenza raggiunge Torino.

Le formazioni che vi affiorano, di età compresa tra il Cretacico superiore ed il Pliocene, sono costituite in prevalenza da argilliti, calcari e marne e sono interessate da un gran numero di motivi plicativi e disgiuntivi, differenziandosi così nettamente dalle limitrofe e in parte coeve formazioni del Bacino Terziario Piemontese relativamente indisturbate e con giacitura monoclinale verso l'asse della sinclinale astigiana. Il contatto tra i due gruppi di formazioni avviene lungo la "linea" Villarvenia-Varzi.

A questa "linea" alcuni autori assegnano anche il ruolo di separazione tra Alpi e Appennino. Tuttavia, la maggioranza degli autori preferisce vedere il contatto Alpi-Appennino più ad occidente, lungo la "linea" Sestri-Voltaggio che è ricoperta a nord dalle formazioni oligoceniche del Bacino Terziario Piemontese.

Area di pianura

La pianura piemontese è interrotta dalla dorsale del Monferrato che separa il bacino sedimentario di Vercelli, a nord, dal bacino di Asti a sud; quest'ultimo si spinge verso ovest fino nel Cuneese.

Il bacino di Vercelli occupa la parte più ad ovest della monoclinale pedealpina, la quale interessa la fascia settentrionale dell'intera Pianura Padana. I depositi del bacino di Asti riflettono l'evolversi delle deformazioni del substrato dovute alla deformazione parossistica della catena appenninica. Il basamento di quest'ultimo bacino dovrebbe essere costituito da unità liguri-piemontesi; al di sotto del bacino di Vercelli sono invece presenti, come in tutta la Pianura Padana e Veneta, sedimenti carbonatici del Mesozoico o del Terziario inferiore.

In ogni caso, al di sopra del basamento dei bacini considerati si sono depositi in serie due grandi cicli sedimentari: il primo oligo-miocenico che termina con le evaporiti messiniane; il secondo che inizia con i sedimenti di ambiente lagunare-salmastro e continua con l'ingressione marina pliocenica fino ad estinguersi nel Pleistocene.

2. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E GEOTERMICHE DEGLI ACQUIFERI

Nelle pagine seguenti vengono descritti i principali acquiferi di potenziale interesse geotermico presenti nella regione.

Essi vengono distinti in acquiferi continui ed acquiferi discontinui. Gli acquiferi definiti "continui" sono caratterizzati da significativa estensione areale e da permeabilità per porosità; essi sono prevalentemente rappresentati dai depositi clastici sciolti o scarsamente cementati che occupano i bacini sedimentari di Vercelli e di Asti.

Gli acquiferi definiti "discontinui" sono invece in genere di limitata estensione areale; quando sono presenti su aree più vaste, essi sono compartimentati a seguito di vicende deposizionali o tettoniche comportandosi, dal punto di vista idraulico, come entità separate.

2.1. Acquiferi continui

Si possono riconoscere tre gruppi di formazioni acquifere, cronologicamente collocate nel Quaternario-Pliocene, nel Pliocene inferiore-medio e nel prepliocene (vari piani del Miocene ed Oligocene); esse sono arealmente presenti sia nel bacino di Vercelli, sia nel bacino di Asti.

Gli acquiferi principali sono: Sabbie di Asti; Sabbie di Desana; Sabbie di Magnago; Sabbie di Cortemaggiore; Formazione di Serravalle; Formazione di Sartirana e Gonfolite. Lo schema dei rapporti stratigrafici fra le formazioni presenti nell'area è illustrato dalla Fig. 2. Le sezioni idrogeologiche (Tavv.5) permettono di seguire attraverso la Regione l'andamento dei principali complessi di orizzonti permeabili (acquiferi potenziali), fino ad una profondità di 2000-2500 m.

Una ricostruzione indicativa delle isobate del tetto degli acquiferi citati e dell'andamento delle relative temperature è rappresentata rispettivamente alle tavole 1,3 e 4 e 7,8 e 9; mentre per le Sabbie di Asti è stata compilata anche la carta delle isopache (Tav. 2). La tavola 6 infine descrive l'andamento della base delle acque dolci.

A causa della scarsità di dati attendibili (prove di produzione e/o prove di strato) solo raramente è stato possibile fornire nel testo valori, sia pure indicativi, delle portate di fluido geotermico estraibili.

2.1.1. SABBIE DI ASTI (Pliocene inf. - Pleistocene) (Tavv. 1, 2, 7)

- Litologia

La formazione è costituita da una successione di sabbia, a volte debolmente cementata, sabbia argillosa, argilla sabbiosa e silt con passaggi graduali dall'uno all'altro litotipo.

La deposizione inizia durante il Pliocene inf. nei settori occidentali dei bacini di Asti e di Vercelli. A partire dal Pliocene medio la deposizione delle SABBIE DI ASTI si estende verso est interessando per intero i bacini sedimentari citati.

- Spessore

La formazione ha spessore variabile da pochi metri, al limite dei bacini, ad oltre mille metri, nella zona ad ovest di Vercelli, fino addirittura a circa 2000 m nel pozzo Moretta 1.

La potenza utile (pay netto) varia in media tra 100 e 200 m. I valori massimi sono stati riscontrati nei pressi di Novara (pozzo Pernate 1 con circa 360 m).

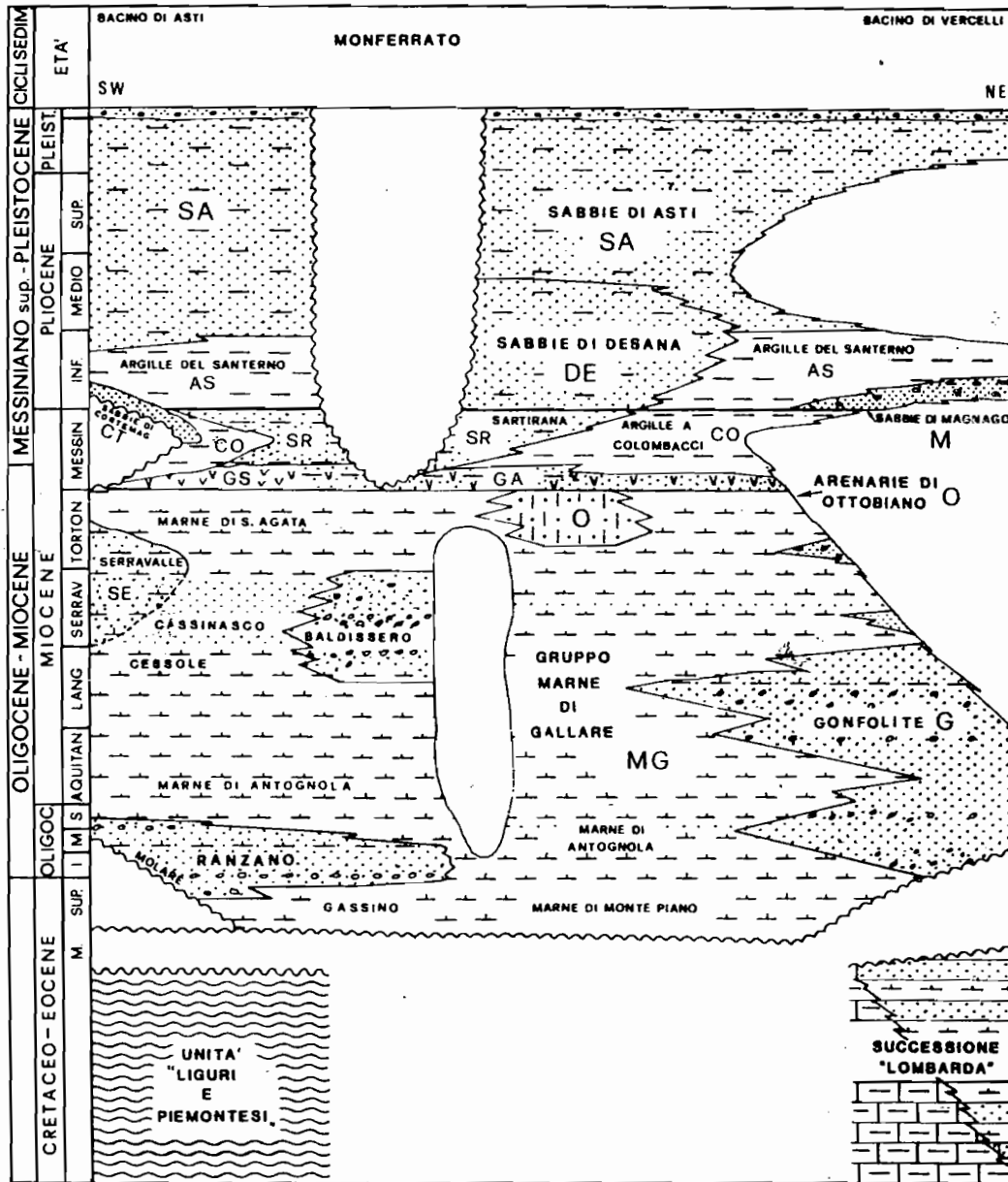


Fig. 2 . Schema litostratigrafico dell'area piemontese compresa tra il bacino di Asti, a sud, e quello di Vercelli, a nord.

- Rapporti con le altre formazioni

La formazione, quando non affiora, come nell'astigiano, passa verso l'alto ai depositi ghiaioso-sabbiosi delle coltri alluvionali.

Alla base della SABBIE DI ASTI è in genere presente la formazione ARGILLE DEL SANTERNO; fa eccezione il bacino di Vercelli ove quest'ultima lascia il posto ad una formazione sabbioso-argillosa denominata SABBIE DI DESANA.

- Distribuzione areale

La formazione è presente nel sottosuolo della maggior parte della pianura piemontese con spessori variabili. Gli affioramenti maggiori sono nel bacino di Asti. Limitati affioramenti sono presenti anche nel Cuneese.

- Profondità

Il tetto delle SABBIE DI ASTI si mantiene in genere assai prossimo al piano campagna; le massime profondità (oltre 200 m) sono segnalate nei dintorni di Vercelli. La base raggiunge la massima profondità di circa 2000 m tra Cuneo e Torino (pozzo Moretta 1) e di oltre 1500 m tra Novara e Pavia.

- Temperatura

Essendo il tetto dell'acquifero in oggetto a profondità ridotta, si è ritenuto conveniente fornire una carta delle temperature alla profondità di 1000 m dal piano campagna. Anche se non sempre la base delle SABBIE DI ASTI raggiunge i 1000 m, tale carta ci permette di individuare le zone di maggiore interesse dal punto di vista termico. Le temperature riscontrate più frequentemente sono dell'ordine dei 30-40°C. Le temperature più elevate che interessano le SABBIE DI ASTI sono presenti nell'area di Vercelli (40°C) e lungo il Ticino nei pressi di Novara (45°C).

- Produttività

La formazione, per lo scarso interesse dal punto di vista petrolifero, non è stata mai interessata da prove di strato.

Tuttavia determinazioni di permeabilità su carote e prove di portata in pozzi per acqua (interessanti questi ultimi solo la parte alta della formazione) hanno permesso di ricavare valori di portata dell'ordine dei 100-300 m³/h.

2.1.2. SABBIE DI DESANA (Pliocene inferiore-medio pro parte) (Tavv. 3,8)

- Litologia

La formazione è costituita da grosse bancate di sabbia a grana prevalentemente media, separate da setti argillosi di potenza ridotta. Alcuni livelli conglomeratici sono presenti alla base della formazione e presentano un particolare sviluppo ai bordi del bacino piemontese.

- Spessore

Lo spessore massimo della formazione si approssima ai 1000 m nella zona orientale tra Desana e Mortara.

- Rapporti con le altre formazioni

Le SABBIE DI DESANA poggiano principalmente su un substrato rappresentato, a seconda delle aree, dalla FORMAZIONE A COLOMBACCI, dalla FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA, dalla FORMAZIONE DI SARTIRANA. A tetto passano alle SABBIE DI ASTI. Lateralmente sono talora sostituite dalle ARGILLE DEL SANTERNO.

- Distribuzione areale

La formazione è sviluppata solo nel settore orientale del Bacino di Vercelli raggiungendo i massimi spessori nel suo tratto centrale.

- Temperatura

La carta della temperatura mostra come i valori più alti (45-50°) al tetto di questo acquifero vengono registrati in un'area ubicata nella parte centro-orientale del Bacino di Vercelli.

- Produttività

Questa formazione non è mai stata provata nei pozzi per idrocarburi, non essendo state evidenziate dai logs elettrici mineralizzazioni interessanti. Si può presumere tuttavia che in essa possano essere localizzati degli acquiferi di spessore anche consistente con buona o discreta permeabilità.

2.1.3. SABBIE DI MAGNAGO (Pliocene inf.) (Tavv. 3,8)

- Litologia

La formazione è costituita da banchi massicci di sabbie, spesso grossolane, con rare intercalazioni argillose.

- Spessore

Lo spessore della formazione è piuttosto variabile, anche se in genere modesto, da pochi metri a più di 300 m.

- Rapporti con le altre formazioni

Le SABBIE DI MAGNAGO sono ricoperte dalle ARGILLE DEL SANTERNO, mentre poggiano in discordanza su termini del Miocene.

- Distribuzione areale

La formazione è presente in modo discontinuo lungo il bordo settentrionale del bacino di Vercelli.

- Temperatura

Le temperature massime registrate al tetto di questo acquifero sono di poco superiori ai 40°C a profondità di 1500 m circa.

- Produttività

La produttività delle SABBIE DI MAGNAGO sembra piuttosto bassa.

2.1.4. SABBIE DI CORTEMAGGIORE (Pliocene inf.) (Tavv. 3,8)

- Litologia

Le SABBIE DI CORTEMAGGIORE sono costituite da sabbie e conglomerati con intercalazioni di livelli argillosi.

- Spessore

Lo spessore è generalmente inferiore ai 100 m. Nel bacino di Asti tuttavia il pozzo Quargnento 1 ha attraversato uno spessore di 300 m di formazione. L'anomalia è probabilmente da attribuire a locali apporti clastici massicci.

- Rapporti con le altre formazioni

La formazione, a carattere trasgressivo, poggia su superfici mioceniche erose appartenenti alle successioni marnose del GRUPPO DI GALLARE e della FORMAZIONE A COLOMBACCI.

Le SABBIE DI CORTEMAGGIORE sono sormontate dalla formazione pliocenica delle ARGILLE DEL SANTERNO a cui fanno anche passaggio in eteropia di facies.

- Distribuzione areale

La formazione ha distribuzione discontinua ed è in genere localizzata in vicinanza del bordo appenninico-padano ed a ridosso del Monferrato orientale.

- Temperatura

La temperatura registrata risulta essere di 24°C a 600 m a Quargnento 1 (bacino di Asti), mentre nel bacino di Vercelli, a NO di Casale Monferrato, raggiunge i valori di 42°C circa a 1300 m.

- Produttività

Sulla base delle informazioni disponibili questo acquifero non sembra presentare particolare interesse dal punto di vista delle caratteristiche produttive.

2.1.5. FORMAZIONE DI SARTIRANA (Messiniano) (Tavv. 4,9)

- Litologia

La FORMAZIONE DI SARTIRANA è costituita da alternanza di sabbie più o meno siltose ed argille. Nella parte superiore della successione è stata osservata la presenza di un livello a ciottoli poligenici inglobati in matrice sabbiosa.

- Spessore

La potenza di questa formazione aumenta da ovest verso est passando da 200 m ad oltre 600 m. Il valore più rilevante riscontrato è di 730 m a S.O di Vigevano.

- Rapporti con le altre formazioni

La FORMAZIONE DI SARTIRANA passa gradualmente verso l'alto alle SABBIE DI DESANA, mentre al letto poggia sulla FORMAZIONE A COLOMBACCI, sulla FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA e sulla FORMAZIONE DI SERRAVALLE, a seconda delle aree ove essa è presente.

- Distribuzione areale

La FORMAZIONE DI SARTIRANA è particolarmente sviluppata nella zona sud orientale del Bacino di Vercelli e, con spessori minori, è presente nel Bacino di Asti.

- Temperatura

La distribuzione della temperatura mostra un regolare aumento procedendo da nord verso il centro del Bacino di Vercelli dove si raggiungono valori intorno ai 60°C. Nella zona occidentale del Bacino di Asti (pozzo Moretta 1), si è riscontrata una temperatura di 64°C a 2160 m di profondità.

- Produttività

Gli orizzonti permeabili della FORMAZIONE DI SARTIRANA sembrano caratterizzati da una buona produttività.

2.1.6. FORMAZIONE DI SERRAVALLE (Langhiano-Tortoniano) (Tavv. 4,9)

- Litologia

La FORMAZIONE DI SERRAVALLE è costituita da alternanze più o meno regolari di livelli arenacei ricchi di frammenti di macrofossili e conglomerati poligenici.

- Spessore

La potenza, che è di 350 m nella sezione tipo, assume valori più rilevanti nella parte centrale del bacino, secondo i dati forniti dalle perforazioni eseguite nel bacino di Asti.

- Rapporti con le altre formazioni

La FORMAZIONE DI SERRAVALLE è inserita all'interno del GRUPPO DI GALLARE e passa in genere, sia verso l'alto sia verso il basso, a successioni marnose del gruppo citato.

- Distribuzione areale

La formazione occupa buona parte dell'area sud orientale del bacino di Asti a partire dalla zona degli affioramenti.

- Temperatura

I dati di temperatura di questo acquifero si limitano a quelli evidenziati da tre pozzi ubicati nel Bacino di Asti: Novi Ligure 1 e 2 e Sommariva del Bosco 1. Nei primi due la temperatura ha valori trascurabili. Per quanto concerne il terzo, si riscontra una temperatura di 53°C alla profondità di 1560 m.

- Produttività

La produttività della FORMAZIONE DI SERRAVALLE non è ben conosciuta.

2.1.7. GONFOLITE (Oligocene-Langhiano) (Tavv. 4, 9)

- Litologia

In questo gruppo sono state incluse le principali unità arenaceo-conglomeratiche, di età oligo-miocenica, che trovano la loro collocazione ai bordi della Pianura Padana (Formazione di Molare, Tongriano, ecc.).

Si tratta di un complesso di unità che possono ripetersi a vari livelli nella serie.

- Spessore

Il gruppo presenta talora spessori rilevanti, dell'ordine di alcune centinaia di metri, superando, in alcune zone il migliaio.

- Rapporti con le altre formazioni

Nel settore più settentrionale la GONFOLITE entra in contatto di sovrapposizione con successioni più antiche da cui traggono origine i clastici che la compongono. Procedendo verso sud essa viene in generale sostituita dal GRUPPO DI GALLARE, costituito da clastici più fini.

- Distribuzione areale

Il gruppo GONFOLITE si estende in vicinanza del bordo prealpino su una fascia allungata secondo l'asse del bacino padano occidentale.

- Temperatura

Valori superiori ai 60°C a 1600 m di profondità sono evidenziati tra Ivrea e Vercelli.

- Produttività

La produttività della GONFOLITE sembra denotare valori molto variabili, talora anche di interesse.

2.2. Acquiferi discontinui

Gli acquiferi discontinui, di seguito succintamente descritti, sono perlopiù limitati all'area montana, come evidenziato dalla figura 3.

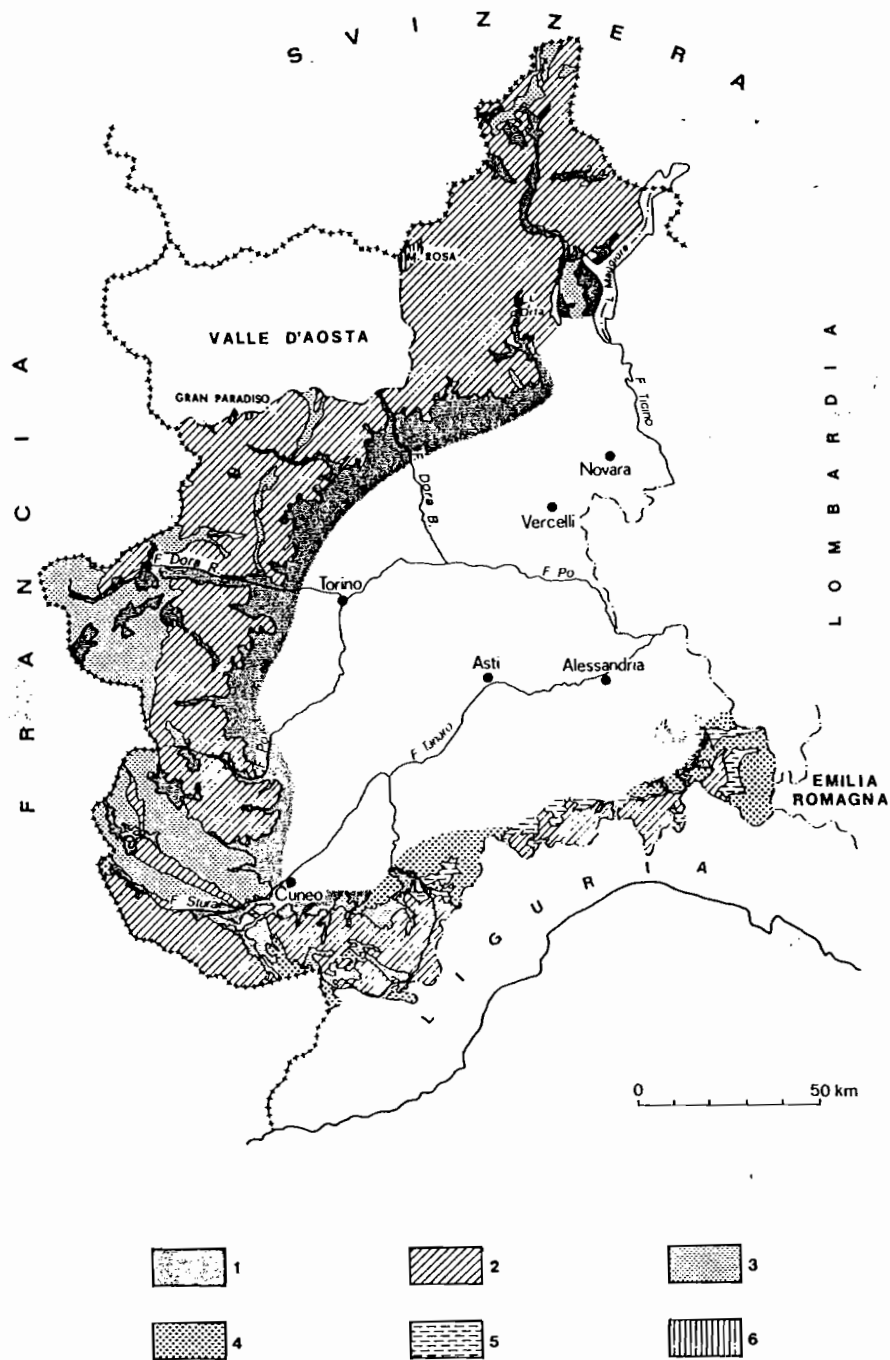


FIG. 3. Distribuzione schematica delle rocce in funzione della permeabilità

1. Rocce a permeabilità primaria.
2. Rocce a permeabilità secondaria per fratturazione.
3. Rocce a permeabilità secondaria per fratturazione e soluzione.
4. Rocce impermeabili con intercalati livelli permeabili.
5. Rocce impermeabili.
6. Ghiacciai.

(da: Geotecneco (1976). "Carta della montagna". Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste).

Essi possono venire distinti in acquiferi a permeabilità primaria ed acquiferi a permeabilità secondaria.

Fra gli acquiferi con permeabilità primaria possiamo includere:

- a) depositi superficiali recenti o attuali incoerenti, più o meno grossolani, di deposizione fluviale e/o glaciale oppure formati per l'accumulo di coltri eluviali e colluviali o accumuli di frana. Tali depositi costituiscono piccole falde con alimentazione locale;
- b) corpi rocciosi con permeabilità primaria rappresentati da conglomerati, brecce e arenarie poco cementate associate a sabbie. L'area di affioramento più estesa si trova nella zona meridionale della Regione, dove forma parte del Bacino Terziario Piemontese, a struttura monoclinale immersa verso la pianura alessandrina e la collina di Torino. Tra le formazioni presenti vanno ricordate, in particolare, le formazioni di MOLARE, di MONESIGLIO, di CASSINASCO e di SERRAVALLE; esse sono costituite da conglomerati e brecce più o meno cementati, arenarie, sabbie e flysch con intercalazioni marnose e argillose. Il grado di permeabilità di questi sedimenti è molto variabile sia in senso verticale sia lateralmente.

Rocce con permeabilità secondaria sono presenti in quasi tutte le unità litologiche esistenti nella Regione; fra di esse possiamo distinguere:

- a) rocce con permeabilità per fratturazione, quali gli orizzonti arenacei e carbonatici intercalati all'interno del flysch. Tuttavia, l'area di drenaggio di questi acquiferi è molto ridotta, poichè le dislocazioni longitudinali e trasversali rispetto al corrugamento alpino hanno interrotto le sequenze sedimentarie delle varie unità, che attualmente affiorano sotto forma di ristrette fasce allungate e ripiegate. I corpi permeabili possono però talora entrare in comunicazione con blocchi adiacenti parimenti permeabili a costituire un acquifero unico.
- b) rocce divenute permeabili per dissoluzione da parte di acque meteoriche (rocce carbonatiche, evaporiti e, in minor misura, calcescisti); la dissoluzione può essere favorita dalla presenza di fratture o altri piani di discontinuità.

Nel caso degli acquiferi con permeabilità secondaria non è possibile fornire valori medi di permeabilità, poichè quest'ultima varia molto entro lo stesso corpo roccioso sia in

senso verticale sia in senso orizzontale; spesso comunque è molto alta e permette un forte assorbimento delle acque meteoriche e quindi una notevole circolazione idrica nel sottosuolo.

Nel caso di rocce permeabili per fratturazione non solo le grandi linee di dislocazione, ma anche il semplice reticolato di diaclasi ha una grande influenza nel determinare la permeabilità secondaria. Numerosi tipi litologici ne possono essere interessati, specialmente quelli con comportamento più rigido e fragile.

Basta considerare il gran numero di sorgenti esistenti nei massicci cristallini della Regione. Ad esempio, sono da citare entro il Massiccio dell'Argentera le Terme di Valdieri ed i Bagni di Vinadio; si tratta di grosse sorgenti minerali ubicate in corrispondenza di linee tettoniche.

3. SORGENTI TERMALI

Le sorgenti termali comprese nel territorio della Regione Piemonte costituiscono 4 gruppi di emergenza ubicati nell'area del Massiccio dell'Argentera in provincia di Cuneo (Terme di Valdieri e Bagni di Vinadio), nella bassa valle del Fiume Bormida, in provincia di Alessandria (Acqui Terme), e nell'alta valle dell'Ossola in provincia di Novara (Bagni di Craveggia).

L'apertura delle Terme di Valdieri è limitata al periodo Luglio-Settembre, trovandosi a quota piuttosto elevata (1370 m), mentre le località Vinadio ed Acqui Terme, essendo sempre raggiungibili, possono avere una stagione termale praticamente ininterrotta nell'arco dell'intero l'anno.

Le caratteristiche geologiche delle tre aree termali (Valle dell'Ossola-Massiccio dell'Argentera-Acqui Terme) sono assai diverse come chiaramente riscontrabile nelle schede delle sorgenti allegate.

I circuiti idrotermali sono invece simili; la termalità è dovuta al normale gradiente geotermico ed alla rapida risalita delle acque riscaldate attraverso dislocazioni tettoniche.

Le temperature riscontrate raggiungono valori massimi di 60°C nelle sorgenti di Vinadio e Valdieri e di 70°C nella sorgente più calda di Acqui, mentre si mantiene intorno ai 27°C in quella di Craveggia.

4. UTILIZZAZIONI

Nell'ambito del gruppo delle manifestazioni termali più importanti del Piemonte (quello di Acqui Terme) è stato eseguito uno studio di fattibilità da parte del CETI per una possibile utilizzazione della sorgente principale, denominata "Bollente". L'obiettivo del progetto consiste nel riscaldamento invernale e nella fornitura dell'acqua

calda sanitaria agli edifici pubblici ubicati nella zona centrale di Acqui; il servizio potrebbe essere fornito tramite una rete di teleriscaldamento interrata che utilizzi l'acqua calda della sorgente.

Esperienze similari anche se di piccole dimensioni, sono già in atto da alcuni anni.

Da tempo inoltre, si discute, su un possibile progetto di riscaldamento, con l'apporto di energia geotermica di alcuni quartieri della città di Torino.

5. CONCLUSIONI

Sotto il profilo geotermico la Regione Piemonte presenta un moderato interesse minerario in alcuni settori della Pianura Padana.

Le altre zone presentano per lo più acquiferi discontinui, limitati da faglie o livelli argillosi. In queste ultime zone, comprendenti l'intera catena alpina, le propaggini appenniniche (compreso il Monferrato) e il bacino ligure-piemontese, può essere ipotizzata l'utilizzazione di eventuali sorgenti termali esistenti, in relazione a sistemi fagliati profondi (principalmente Acqui Terme, Vinadio e Valdieri).

Nella zona di pianura l'indagine svolta è stata spinta fino alla profondità di circa 2500 m. Gli acquiferi continui individuati sono costituiti da alternanze più o meno fitte di sabbie e argille. La componente conglomeratica, presente in alcuni di essi, è particolarmente sviluppata lungo i bordi della loro area di presenza. La collocazione cronologica dei vari acquiferi è compresa tra il Pleistocene e l'Oligocene.

Sono stati riscontrati:

- termalità relativamente bassa, con gradiente geotermico inferiore a quello medio terrestre, paragonabile a quello del resto della Pianura Padana, con eccezione per la zona di Borgo d'Ale;
- acqua contenuta in formazione prevalentemente di tipo salato; la carta della base delle acque dolci (tav. 6) mostra infatti un approfondimento dell'interfaccia con l'acqua salmastra fino oltre i 1000 m solo a NW di Vercelli e nella zona di Saluzzo, ed una risalita graduale verso il margine dei bacini;
- aree con fluidi geotermici a temperatura superiore a 60°C entro 2000 m molto limitate.

Tenendo conto che un eventuale sfruttamento richiederebbe inoltre una portata soddisfacente in coincidenza con potenziali utenze di dimensioni adeguate, alcune aree sembrano godere di caratteristiche più favorevoli di permeabilità e temperatura (Fig.4):

PIEMONTE

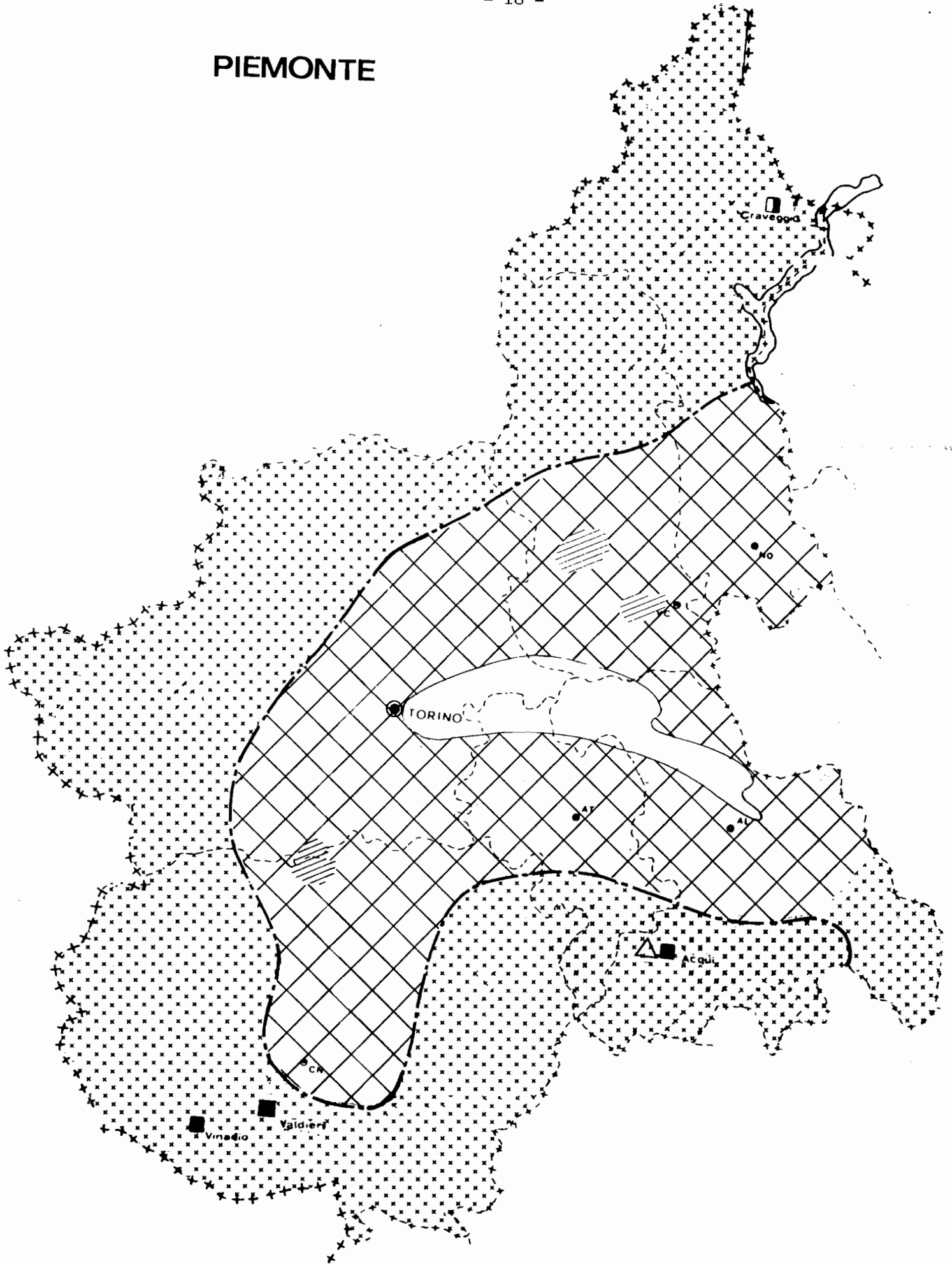
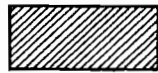


FIG. 4

SCALA 1: 1.000.000

LEGENDA (Fig. 4)

Aree con acquiferi estesi

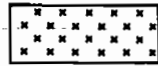


Aree includenti acquiferi con temperature $\geq 60^\circ\text{C}$ entro 2000 m dal piano campagna.

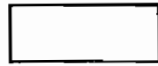


Aree con acquiferi regionali continui singoli o multipli.

Aree con acquiferi discontinui



Aree con acquiferi discontinui in relazione a sistemi fagliati profondi, eventualmente sfruttabili per usi termali e collegati.



Aree con acquiferi discontinui o limitati da livelli argillosi.

Sorgenti termali



Temperature di $18^\circ\text{--}30^\circ\text{C}$



" " $30^\circ\text{--}40^\circ\text{C}$



" " $40^\circ\text{--}50^\circ\text{C}$



" " maggiore di 50°C



Progetto geotermico in stato avanzato

A - area ad ovest di Vercelli (riferimento pozzo Borgo d'Ale).

L'acquifero di quest'area è rappresentato oltre che dalle SABBIE DI ASTI ad acqua dolce, dalla GONFOLITE, del Miocene-Oligocene, con tetto a profondità dai 1300 m circa in giù, temperature superiori ai 60°C e buona produttività.

B - area all'estremo occidentale del bacino di Asti (riferimento pozzo Moretta 1).

Sono presenti in quest'area vari acquiferi sovrapposti rappresentati dalla formazione SABBIE DI ASTI, in buona parte ad acqua dolce, dalla FORMAZIONE DI SARTIRANA (Messiniano) e dalla GONFOLITE a profondità fino a 2900-3600 m. La temperatura è superiore ai 60°C a 1900 m e alcuni livelli sembrano caratterizzati da una buona produttività.

C - area di Acqui Terme

La presenza di abbondanti risorse sorgive a 70°C costituiscono la premessa per una valida utilizzazione delle stesse.

BIBLIOGRAFIA SOMMARIA

- AGIP (1977). "Temperature sotterranee. Inventario dei dati raccolti durante la ricerca e la produzione di idrocarburi in Italia." Ed. Agip.
- AGIP Mineraria (1959). "Campi gassiferi padani. Atti Convegno Giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale." Accad. Naz. Lincei, n°2.
- Battisti I., Invernizzi G., Piemonte C., Szegö E. (1983). "Studio di un sistema energetico integrato: turboespansore di gas metano e teleriscaldamento con fonti geotermiche a bassa entalpia connesse con un sistema di pompe di calore." Seconda Conferenza Nazionale Energetica, Venezia.
- Bortolami G. et al. (1982). "Il serbatoio geotermico di Acqui Terme." CNR-PFE-SPEG-3.
- Bortolami G. et al. (1983) "Chemical and isotopic measurements of geothermal discharges, in the Acqui Terme district...." Geothermics Vol.12, n°2/3.
- Carella R., Guglielminetti M., Verdiani G. (1986). "Attività dell'AGIP nel campo dell'energia geotermica in Italia." Convegno della Federelettrica, Padova.
- Commission of the European Communities. Italian Working Group (1984). "Assessment of EC Geothermal Resources and Reserves, Italy".
- Dondi L. e D'Andrea M.G. (1986). "La Pianura Padana e Veneta dall'Oligocene superiore al Pleistocene". Giornale di Geologia, Rivista di Geol. sedim. e geol. marina, Vol. 48 n°1/2.
- Cremonini G. e Ricci Lucchi F. (1982). "Guida alla Geologia del Margine Appenninico-padano. Descrizione degli itinerari e degli stop." Soc. Geol. It. 1° Centenario, Bologna.
- Elter P. e Pertusati P. (1973). "Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle sue relazioni con l'arco delle Alpi occidentali." Mem. Soc. Geol. It., Vol. 12.
- Fancelli R. e Nuti S. (1978). "Studio geochimico delle sorgenti termali del Massiccio cristallino dell'Argentera (Alpi Marittime)." Boll. Soc. Geol. It., Vol. 97, fasc. 1-2.

- Fanelli M. et al. (1982). "Manifestazioni idrotermali italiane." CNR-PFERF 13.
- Gelati R. e Gnaccolini M. (1982). "Evoluzione tettonico-sedimentaria della zona limite tra Alpi ed Appennini tra l'inizio dell'Oligocene ed il Miocene medio." Mem. Soc. Geol. It. Vol. 24, Parte 2°.
- Geotecneco (1976). "Carta della montagna." Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Vol.II, fasc. 2.
- Ogniben L., Parotto M. e Praturlon A. (1975). "Structural Model of Italy." CNR, Roma.
- Pieri M. e Groppi G. (1981). "Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy." Pubbl. 414, P.F. Geodinamica, C.N.R.
- Regione Piemonte (1980). "Le sorgenti termali del Piemonte." Rapporto dell'Assessorato alle acque minerali e termali, Torino.
- Schmidt C., Preiswerk H. e Bearth P. (1967): in Gwinner M.P. "Geologie der Alpen Stratigraphie, palaeogeographie, tektonik." Schweizerbart'sche ed., Stuttgart.
- Socin C. (1954). "Panorama morfologico e geologico del Piemonte." Pubbl. Ist. Geol. Univ. Torino, n°3.
- Waring G.A. (1965). "Thermal Springs of the United States and Other Countries of the World." Geologic Survey Professional Paper 492.
- Zanella E. (1971). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia F.ⁱ 78-79-90, Argentera, Dronero, Demonte. Serv. Geol. d'Italia, 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

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

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 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.