

2-1-1987 11/10/1986

4

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 VENETO**

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 VENETO**



RAPPORTO

DICEMBRE 1987

INDICE

Premessa

1. Cenni di geologia	Fag. 1
2. Caratteristiche idrogeologiche e geotermiche degli acquiferi.	" 3
2.1 Acquiferi continui	" 5
2.2. Acquiferi discontinui	" 17
3. Sorgenti termali	" 19
4. Utilizzazioni	" 20
5. Conclusioni	" 21
Bibliografia sommaria	" 26

Appendice

ALLEGATI

Tavola 1 - Isobate del tetto delle SABBIE DI ASTI.

" 2 - Isopache delle SABBIE DI ASTI

" 3 - Isobate del tetto delle SABBIE DI ERACLEA.

" 4 - Isopache delle SABBIE DI ERACLEA.

" 5 - Isobate del tetto delle GLAUCONIE DI CAVANELLA.

" 6 - Isopache delle GLAUCONIE DI CAVANELLA.

" 7 - Isobate del tetto del COMPLESSO CARBONATICO MESOZOICO.

Tavole 8 - Sezioni idrogeologiche.

Tavole 9 - Isobate della base delle acque dolci.

" 10 - Isotherme al tetto delle SABBIE DI ERACLEA.

" 11 - Temperatura al tetto delle GLAUCONIE DI CAVANELLA.

" 12 - Temperatura al tetto del COMPLESSO CARBONATICO MESOZOICO.

Schede sorgenti (Allegato A)

Schede pozzi (Allegato A)

Misure di temperatura in pozzo (Allegato 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

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 Veneto comprende una estesa pianura alluvionale, la Pianura Veneta, ed a nord ovest i rilievi alpini e prealpini.

Dal punto di vista geologico la zona montana del Veneto risulta costituita esclusivamente da successioni di pertinenza sudalpina, appartenenti cioè alle Alpi Calcaree Meridionali (Fig. 1); a nord (già in territorio austriaco) queste vengono a contatto, mediante l'interposizione di un fascio di faglie di importanza regionale, con l'insieme austroalpino propriamente detto. Nella zona considerata, tali dislocazioni assumono il nome di "linea" della Gail e si raccordano, ad occidente, con la "linea" della Pusteria, delle Giudicarie e con la "linea" Insubrica.

Al margine meridionale l'insieme sudalpino può essere ricoperto da sedimenti cenozoici in facies molassica, specialmente sviluppati nel Veneto orientale (molasse sudalpine). Nel Veneto occidentale (Lessini, Berici) e nei Colli Euganei, infine, sono localmente sviluppati potenti apparati vulcanici cenozoici a chimismo basico (distretto berico-lessineo).

Dal punto di vista stratigrafico, nelle Alpi Meridionali si nota una netta differenziazione tra la Catena Carnica, costituita in prevalenza da termini paleozoici (Paleozoico della Carnia) e da un basamento filladico (affiorante isolatamente anche in Valsugana e nella conca di Recoaro), ed i rimanenti rilievi (Dolomiti e Prealpi Venete) formati da potenti successioni essenzialmente carbonatiche e mesozoiche.

In quest'ultimo insieme si possono riconoscere, nell'ambito di ciascuna formazione, zone paleogeograficamente diverse, evidenziate dalle caratteristiche litostratigrafiche e dallo spessore delle formazioni affioranti: tale differenziazione è tuttavia possibile solo entro le successioni giurassico-cretaciche, in quanto il Triassico ed il Permo-Scitico presentano, quasi ovunque, caratteri abbastanza simili: tipici di sequenze di piattaforma carbonatica il primo, e di sequenze vulcano-detritiche il secondo.

Distinguiamo così una Zona atesina (o Zona trentina), le cui formazioni giurassico-cretaciche sono indicatrici di deposizione in mare non molto profondo, su di una "ruga" o piattaforma particolarmente estesa nel Veneto occidentale; una Zona bellunese, nel Veneto centro-meridionale, caratterizzata da una sedimentazione pelagica (essenzialmente calcari micritici) in un "solco" o bacino subsidente, raccordata ad est alla Zona friulana, che ha tipiche successioni di piattaforma e frequenti intercalazioni bioermali; infine una Zona carnica, nel Veneto settentrionale, ("plateau" carnico Auct.), caratterizzata da una sedimentazione pelagica lenta,



ALPI CALCAREE MERIDIONALI

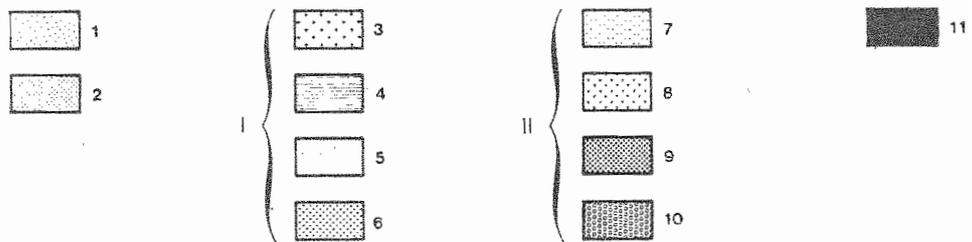


FIG. 1. Schema paleogeografico-strutturale del Veneto (semplif. da OGNIBEN *et al.*, 1975)

1. Depositi continentali quaternari. 2. Depositi in facies molassica (molasse sudalpine). ALPI CALCAREE MERIDIONALI: I Successioni giurassico-cretaciche: 3. Zona atesina: sedimenti calcareo-marnosi pelagici, in prevalenza mesozoici, della «ruga di Trento»; 4. Zona carnica: alternanza di facies neritiche di tipo friulano, di facies di altofondo legate alla «ruga di Trento» e di facies di bacino legate ai solchi bellunese e giulio; 5. Zona bellunese: sedimenti pelagici e flysch del «solco bellunese»; 6. Zona friulana: sedimenti carbonatici neritici meso-cenozoici della «ruga friulana». II Successione basale pre-giurassica: 7. Sedimenti neritici triassici; 8. Vulcaniti permiche; 9. Formazioni paleozoiche della carnica; 10. Basamento filladico. Distretto vulcanico berico-lessineo: 11. Vulcaniti cenozoiche, in prevalenza basiche.

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

condensata e spesso lacunosa, che nei dintorni di Casso (Friuli occidentale) si raccorda alle analoghe successioni, però non lacunose e più potenti, del bacino bellunese.

Dal punto di vista strutturale, le Alpi Meridionali venete riflettono la somma degli effetti di due cicli orogenetici, l'alpidico e l'ercinico, con fasi parossistiche rispettivamente nel medio-tardo Cenozoico e nel Paleozoico terminale.

Mentre le tracce dell'orogenesi ercinica (ovviamente sommata all'alpidica) sono visibili nella Catena Carnica e nel basamento filladico affiorante isolatamente nella conca di Recoaro ed in Valsugana, la parte restante dei rilievi veneti è stata sottoposta unicamente all'orogenesi alpidica ed ha perciò assunto caratteristiche strutturali più semplici ed omogenee; le direttrici tettoniche sono in genere orientate E-O, in accordo con i lineamenti di gran parte delle Alpi Meridionali. Fanno eccezione la catena del M. Baldo ed i Lessini, all'estremità occidentale del Veneto, ove si affiancano alle precedenti, sino a prevalere, direttrici variabili da NNE-SSO e NNO-SSE.

Per quanto riguarda la geologia della Pianura Veneta si può dire che essa corrisponde, come la limitrofa Pianura Padana, ad un bacino di subsidenza quaternaria, riempito in tempi recenti da depositi alluvionali. Durante il Terziario, sia la Pianura Veneta sia quella Padana facevano parte di un unico bacino sedimentario che si estendeva anche alle aree attualmente occupate dalle Prealpi e dall'Appennino settentrionale.

La delimitazione fra la Pianura Veneta e la Padana viene fatta coincidere con una linea, orientata NO-SE e passante per Schio, Vicenza e Chioggia.

Le successioni litostratigrafiche del sottosuolo della Pianura Veneta, ricavate essenzialmente da dati di perforazione, sono schematizzate in fig.2. La serie litologica illustrata inizia con i sedimenti paleocenici, che costituiscono il basamento carbonatico di affinità sudalpina; su essi poggiano i depositi terrigeni del bacino Padano-Veneto, databili dall'Oligocene all'Olocene.

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 principalmente per porosità; essi sono rappresentati dai depositi clastici sciolti o scarsamente cementati che occupano il bacino

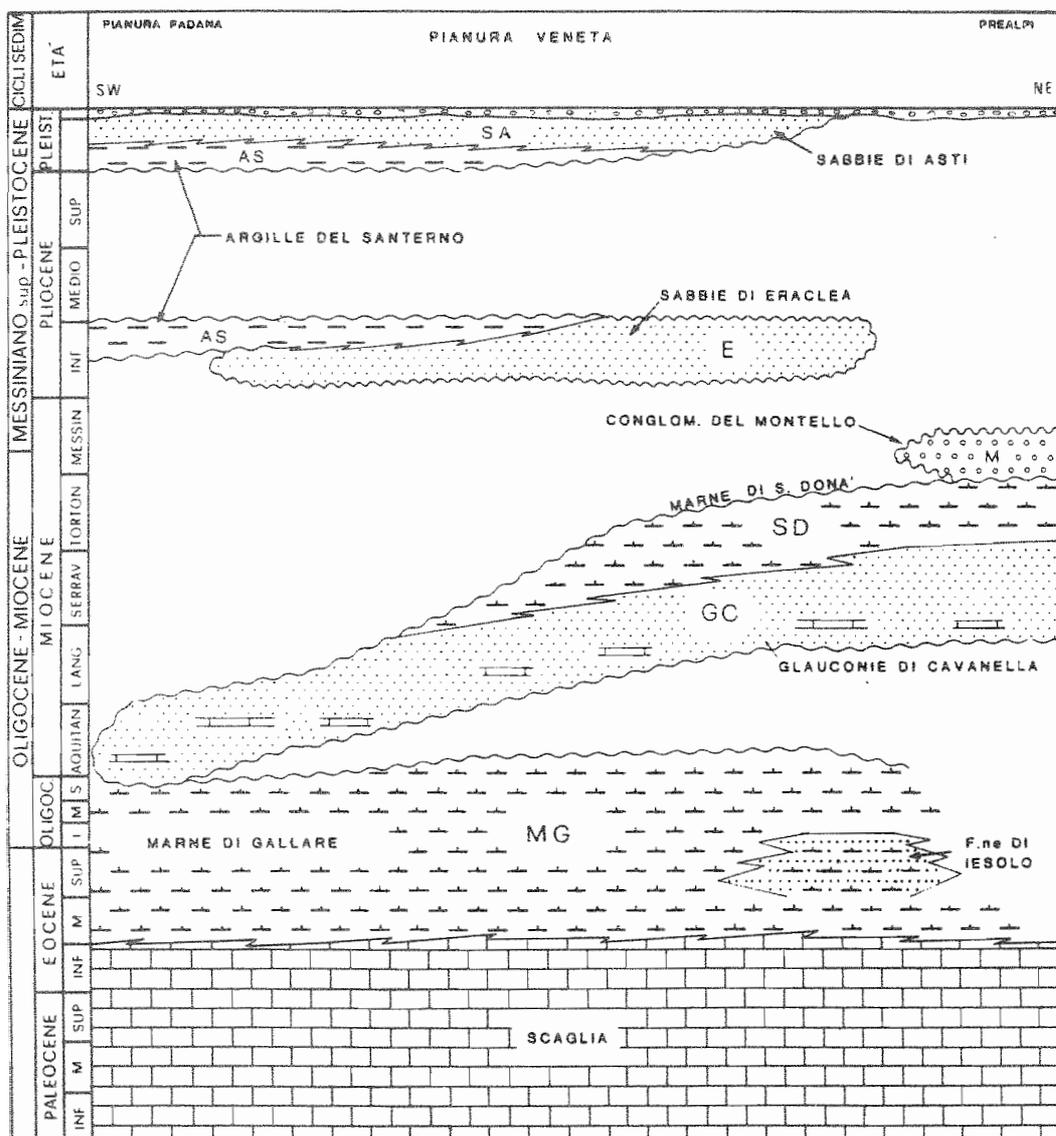


Fig. 2 . Schema dei rapporti litostratigrafici nella Pianura Veneta occidentale.

sedimentario della Pianura Veneta e dai sottostanti calcari mesozoici che, presenti su aree vaste, sono talora compartimentali a seguito di vicende deposizionali o tettoniche. Gli acquiferi definiti "discontinui" sono invece in genere di limitata estensione areale; essi sono presenti soprattutto nelle aree collinari-montuose.

2.1. Acquiferi continui

Gli acquiferi identificati nel sottosuolo della pianura veneta sono:

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| - SABBIE DI ASTI | Pleistocene; |
| - SABBIE DI ERACLEA | Pliocene inferiore; |
| - GLAUCONIE DI CAVANELLA | Miocene inferiore e medio; |
| - COMPLESSO CARBONATICO
MESOZOICO | Cretaceo-Trias sup. |

La descrizione dettagliata di ogni acquifero, lo schema dei rapporti stratigrafici, le sezioni idrogeologiche schematiche e le varie carte tematiche prodotte illustrano e visualizzano le caratteristiche petrofisiche, la distribuzione areale e verticale e le caratteristiche geotermiche dei vari serbatoi nei limiti imposti dalla informazione disponibile.

Poichè i dati litostratigrafici forniti dai pozzi sono risultati quantitativamente ridotti rispetto all'estensione dell'area considerata e con distribuzione disomogenea, la ricostruzione dell'assetto geologico-strutturale ha richiesto un notevole ricorso all'informazione fornita dai rilievi sismici che coprono larghe fasce del settore oggetto di studio.

Non altrettanto abbondante e affidabile è risultata l'informazione raccolta per la definizione dei parametri fisici per una valutazione delle temperature e della produttività dei serbatoi individuati.

2.1.1. SABBIE DI ASTI (Pleistocene)

- Litologia

La formazione, a totale componente clastica, è costituita da una successione di sabbie, sabbie argillose, argille sabbiose e silt con passaggio graduale dall'uno all'altro tipo litologico.

Sono presenti, negli intervalli più sabbiosi al tetto della formazione, sporadici livelli di ghiaie e ciottoli.

Le sabbie hanno granulometria variabile, da fine a grossolana, e la loro composizione mineralogica è costituita da frammenti di rocce di varia natura. Vi compaiono infatti elementi di quarzo, feldspati, miche e scarsi anfiboli.

- Distribuzione areale (Tav. 1)

La formazione è presente nel sottosuolo dell'intera Pianura Veneta, esclusa una fascia al bordo degli affioramenti pedevalpini. Il suo limite di esistenza in questa zona è di difficile definizione a causa della mancanza di punti di controllo affidabili.

- Rapporti stratigrafici con le altre formazioni (Fig. 2)

La formazione passa verso l'alto, in modo graduale, ai depositi sabbioso-ghiaiosi della coltre alluvionale.

Il passaggio sopracitato non è individuabile sulla base dei soli criteri litologici, ma è necessario, nella maggior parte dei casi, ricorrere alla paleontologia, corrispondendo tale limite alla scomparsa delle microfaune marine.

La base della formazione poggia sulle ARGILLE DEL SANTERNO, di età pleistocenica, nella zona più distante dagli affioramenti pedevalpini, sulle SABBIE DI ERACLEA, del Pliocene inferiore, nell'area di bordo della pianura, ove si hanno gli spessori più ridotti.

Ciò conferma il comportamento differenziato della sedimentazione delle SABBIE DI ASTI, nei vari settori della Pianura Padana in cui esse si sono venute a depositare. Mentre l'intervallo cronologico nel quale si è deposta questa formazione va dal Pliocene inferiore al Pleistocene nella Pianura Padana occidentale e centrale, esso è limitato al Pleistocene nella Pianura Veneta.

- Profondità (Tav. 1)

E' stata ricostruita la carta delle isobate del tetto utilizzando principalmente i valori forniti dai profili litostratigrafici dei pozzi ed alcuni profili e mappe della sismica a riflessione.

L'informazione esistente ha permesso di verificare una costante e regolare discesa del tetto dell'acquifero verso la costa adriatica nel settore orientale, verso il centro della Pianura Padana in quello occidentale.

- Spessore (Tav. 2)

Le SABBIE DI ASTI, come gran parte della successione Plio-Quaternaria del Bacino Padano, sono caratterizzate da più o meno fitte alternanze di sedimenti clastici a granulometria variabile che determina ovviamente un diverso comportamento dei vari livelli dal punto di vista idrogeologico.

Lo spessore assume valori crescenti procedendo verso la costa e le lagune dell'alto Adriatico nel settore orientale ed a sud dei Monti Lessini in quello occidentale. Si passa da poche decine di metri a ridosso della fascia prealpina a 900 metri lungo la costa veneta.

- Produttività

Per questo acquifero, come d'altra parte per i restanti individuati nel sottosuolo della Pianura Veneta, non è stato possibile ricostruire l'andamento del livello piezometrico. Non si dispone infatti di misure dirette, di registrazioni di pressione statica o di profili di pressione da elaborare per ottenere i valori necessari per la ricostruzione della piezometria.

Una ricostruzione che potrebbe essere ritenuta abbastanza valida per questo acquifero è quella riferita all'acquifero artesiano profondo, preso in considerazione dallo studio mediante modello matematico del sistema idrico sotterraneo della Pianura Veneta, commissionato dalla Regione Veneto nel 1983 ad un gruppo di società contrattiste aventi come capofila, la SNAMPROGETTI. (Regione Veneto - "Censimento dei corpi idrici e piano regionale di risanamento delle acque". Rapporto Idrogeologico).

Infatti, non esistendo un sensibile divario di litologia al passaggio alluvioni - SABBIE DI ASTI, ed essendo in molti punti la base dell'acquifero rappresentata dalla base delle acque dolci, si ritiene che la piezometria dell'acquifero delle SABBIE DI ASTI possa coincidere con quella dell'acquifero alluvionale artesiano.

Nella documentazione raccolta raramente compaiono valori di parametri idrodinamici tali da permettere una valutazione della produttività dell'acquifero, non essendo disponibili rapporti di prove di strato o produzione da cui ricavare valori attendibili di permeabilità e trasmissività.

I rari valori di permeabilità di cui si dispone sono quelli ottenuti in laboratorio da analisi di carote prelevate nel corpo delle SABBIE DI ASTI a profondità compresa fra i 400 ed i 900 m e di seguito elencati:

CESAROLO 1	m 502;	K = 1650 md
CAVANELLA 1	m 715;	K = 1167 md
S. DONA' DI PIAVE	m 654;	K = 5567 md
	m 900;	K = 28 md

Oltre ai valori di permeabilità sopraelencati sono disponibili quelli ottenuti da prove eseguite nel pozzo VENEZIA 1, perforato per il controllo della subsidenza da parte del CNR. I valori ottenuti sono: K = 7-10 md a 445 m, K = 22 md a 627 m; K = 350 md a 816 m.

I valori di trasmissività (Kh) di alcuni pozzi profondi per acqua, che hanno presumibilmente interessato il segmento superiore delle SABBIE DI ASTI, sono stati rinvenuti nello studio regionale citato in precedenza e vengono di seguito elencati:

pozzo Monastier (TV)	prof. 240 m;	Kh = $1,9 \times 10^{-3}$	m^2/s ;
pozzo Staz. Pratomaggiore (VE)	" 240 m;	Kh = 4×10^{-4}	m^2/s ;
pozzo S. Giorgio in Bosco (PD)	" 300 m;	Kh = $9,5 \times 10^{-3}$	m^2/s ;
pozzo Rizzato (PD)	" 200 m;	Kh = $4,7 \times 10^{-3}$	m^2/s .

Si tratta di valori di trasmissività di buon interesse, ipoteticamente estensibili a gran parte dell'acquifero, e tali da permettere una produzione consistente per eventuali progetti di utilizzazione.

- Temperatura

I valori di temperatura disponibili per lo studio delle SABBIE DI ASTI sono essenzialmente quelli pubblicati nel volume "Temperature Sotterranee" dell'AGIP la cui affidabilità è crescente con la profondità.

Del resto le misure di temperatura a profondità inferiori ai 1000 m sono piuttosto rare. Tenuto conto che il tetto delle SABBIE DI ASTI è situato a poche centinaia di metri dal piano campagna non si è ritenuto opportuno compilare la carte delle temperature per questa formazione. Comunque le temperature massime stimate si aggirano intorno ai 25-30°C.

- Salinità

La successione clastica Plio-Quaternaria del bacino padano è generalmente saturata da acque con alti valori di salinità. Solamente nella coltre alluvionale e nel Pleistocene terminale si riscontra la presenza di acque dolci fino a notevoli profondità.

Questo fenomeno, che non può essere attribuito esclusivamente a infiltrazione verticale di acque meteoriche dalla superficie, si verifica, con ogni probabilità, mediante lo spiazzamento per via laterale delle acque salate di formazione ad opera del flusso di acque dolci infiltratesi nei rilievi adiacenti la pianura; tale spiazzamento assume particolare rilevanza negli intervalli più permeabili delle SABBIE DI ASTI.

Non essendo disponibili analisi di laboratorio di campioni d'acqua prelevati nell'intervallo superiore della successione pleistocenica, il passaggio fra le acque dolci e le acque salate è stato definito mediante l'interpretazione qualitativa dei carotaggi elettrici.

La carta della base delle acque dolci così ottenuta (Tav. 9), permette di individuare le aree in cui sarà eventualmente possibile la produzione di acque di interesse geotermico senza doverne programmare la reiniezione a valle della loro utilizzazione.

Da un confronto fra le tavole 1 e 2 e le tavole 9 si ricava che in genere la formazione SABBIE DI ASTI risulta mineralizzata ad acque dolci per un buon tratto superiore e ad acque salate nella sua parte inferiore.

La tavola 9 evidenzia inoltre la presenza, su una vasta area della Regione, di un orizzonte profondo ad acqua dolce con lieve salinità separato da un acquifero dolce superficiale da un potente orizzonte mineralizzato ad acqua salata. In questo caso l'acquifero profondo è per lo più rappresentato da formazioni carbonatiche per le quali si rimanda al paragrafo 2.1.4.

Dalla tavola 9 risulta anche che nel settore orientale dell'area di studio alcuni pozzi (S. Donà di Piave 1, Eraclea 1, Jesolo 1 e Assunta 1) sono caratterizzati, nelle SABBIE DI ASTI, da due acquiferi ad acqua dolce separati da un consistente setto impermeabile.

2.1.2. SABBIE DI ERACLEA (Pliocene Inferiore)

- Litologia

La formazione, a totale componente clastica, è costituita da banchi di sabbie a granulometria prevalentemente fine con intercalazioni più o meno fitte di argille. Alla base della formazione si rinvengono spesso livelli ghiaiosi.

- Distribuzione areale (Tav. 3)

La formazione è presente nel sottosuolo della pianura veneta in un arco che, partendo dalla zona a sud dei Lessini, si estende all'incirca fino alla foce del Piave. Nell'ambito della formazione si hanno zone di maggiore sabbiosità all'estremo orientale e ad est dei Colli Euganei.

Il margine dell'area di esistenza della formazione rimane dubbio nel Trevigiano e a NE di Padova per l'assenza di punti di controllo.

- Rapporti con le altre formazioni (Fig. 2)

La formazione poggia, generalmente in discordanza, su termini marnosi e impermeabili del Miocene-Oligocene rappresentati dal GRUPPO GALLARE e dalle MARNE DI S.DONA'. Al tetto sono presenti le ARGILLE DEL SANTERNO o le SABBIE DI ASTI a seconda della posizione più o meno avanzata del limite di deposizione di quest'ultima formazione nel bacino veneto.

Il bordo meridionale dell'area di presenza delle SABBIE DI ERACLEA rappresenta un passaggio laterale di litofacies alle ARGILLE DEL SANTERNO. Il limite settentrionale si identifica invece con quello della massima estensione del loro bacino di deposizione.

- Profondità (Tav. 3)

La carta in esame, che presenta la ricostruzione della morfologia del tetto delle SABBIE DI ERACLEA, è stata tracciata utilizzando principalmente profili litostratigrafici dei pozzi, sezioni sismiche e geologiche, mappe di orizzonti sismici; essa mette in evidenza nelle zone orientali una profondità del tetto oscillante fra i 500 m ed i 1500 m. Nelle zone a sud della linea Verona-Rovigo il tetto della formazione può scendere fino oltre 2500 m.

Si nota, in generale, l'approfondimento della superficie mappata lungo una direttrice nord-sud nella area occidentale, mentre in quella orientale la direzione dell'approfondimento ruota verso est.

- Spessore (Tav. 4)

Gli spessori sono limitati con massimo di 250 m nella pianura veronese e di 200 m a N di Venezia.

- Temperatura (Tav. 10)

Le temperature riscontrate al tetto delle SABBIE DI ERACLEA sono dell'ordine dei 30-40°C.

- Produttività

Non è possibile una valutazione della produttività di questo acquifero poichè, essendo risultate le SABBIE DI ERACLEA di nessun interesse per la ricerca di idrocarburi, non vi sono state effettuate prove di produzione o di strato.

2.1.3. Glauconie di CAVANELLA (Aquitaniense-Serravalliano)

- Litologia

La formazione è costituita da sabbie ed arenarie glauconiose a grana medio-fine e argille, con intercalazioni di livelli marnosi e di calcari bioclastici. La frazione clastica è costituita da quarzo, frammenti di selce e, in subordine, granuli di glauconite.

I calcari bioclastici sono ricchi di Briozoi e macroforaminiferi con presenza di quarzo in granuli. L'attribuzione cronologica della formazione ha posto problemi dovuti alla presenza prevalente di forme faunistiche di facies.

Le forme fossili riscontrate e la posizione stratigrafica inducono tuttavia ad attribuire alla formazione una età compresa fra l'Inframiocene e il Miocene medio.

- Distribuzione areale (Tav. 5)

La distribuzione areale di questa formazione risulta di difficile definizione per il ridotto numero di pozzi che l'abbiano raggiunta e attraversata. Si tratta dei pozzi ubicati ad est dell'area lagunare di Venezia (Iesolo 1, Eraclea 1, S. Donà 1, S. Stino 1, Cavanella 1, Cesarolo 1), di quelli ad est di Padova (S. Angelo Piove di Sacco 1 e Legnaro 1), dei pozzi recentemente perforati a ridosso delle Alpi nella zona di Conegliano (Nervesa 1 e Arcade 1).

L'estensione areale del bacino di sedimentazione delle GLAUCONIE di CAVANELLA dovrebbe interessare buona parte della pianura veneta con esclusione di quella a sud dei Lessini e degli Euganei. Al bordo prealpino, dove la formazione affiora con spessore di qualche decina di metri,

viene definita dai rilevatori con sinonimi quali: "Arenarie di S.Urbano" (F° SCHIO) e "Arenarie glauconitiche" (F.¹ Bassano e Conegliano).

- Rapporti con le altre formazioni (Fig. 2)

La base della formazione poggia, generalmente in discordanza, sui sedimenti marnosi del GRUPPO DI GALLARE e sulla SCAGLIA CINEREA. Dal centro del suo bacino di deposizione fino al bordo delle Alpi si sovrappongono in concordanza alla formazione le MARNE di S.DONA'; nel settore sud occidentale sono sovrapposte le SABBIE DI ERACLEA e le ARGILLE DEL SANTERNO.

- Profondità (Tav. 5)

Una ricostruzione attendibile del tetto della formazione è forzatamente limitata a un ridotto settore al limite orientale dell'area di distribuzione, dove esiste la maggiore quantità di punti di controllo affidabili.

L'informazione disponibile è tuttavia sufficiente a delineare un generale approfondimento del tetto della formazione procedendo da sud verso nord fino al bordo prealpino. La conferma di tale assetto strutturale è stata fornita di recente dalla perforazione dei pozzi Nervesa 1 e Arcade 1, ubicati al bordo settentrionale della pianura veneta.

- Spessore (Tav. 6)

Le curve delle isopache sono sufficientemente affidabili nel settore a maggior densità d'informazione, mentre sono una ipotesi d'interpretazione nelle altre zone.

Lo spessore della formazione nei pozzi di controllo è limitata e varia da poche decine a poco più di 200 m.

- Temperatura (Tav. 11)

La tavola 11 riporta i valori di temperatura estrapolati al tetto della formazione. La ridotta quantità dei dati e la loro distribuzione non permettono di tracciare curve isoterme. Il valore massimo di temperatura calcolato è di 59°C al pozzo Ballan 1.

- Produttività

Nell'ambito della documentazione raccolta sono disponibili solo alcuni valori di permeabilità ottenuti mediante analisi di laboratorio su carote provenienti da pozzi ubicati nel settore orientale della regione:

- CESAROLO 1	da 605 - 620 m	1,5 - 6,9	md
- CAVANELLA 1	" 820 - 825 m	155	md
- CAVANELLA 1	" 953 - 950 m	83 - 211	md
- S. DONA' DI PIAVE 1	a 1460 m	505 - 1885	md
- JESOLO 1	a 1167 m	835	md
- JESOLO 1	a 1223 m	306	md

I dati sopraelencati, stante il loro carattere spiccatamente puntuale, non ne permettono la estrapolazione al complesso dell'acquifero, per definirne neppure approssimativamente la produttività.

2.1.4. COMPLESSO CARBONATICO MESOZOICO della Pianura Veneta (Cretacico - Trias Sup.)

- Litologia

I sedimenti mesozoici nel sottosuolo della Pianura Veneta sono costituiti da carbonati con rari episodi a componente clastica nella parte sommitale.

La successione litostratigrafica riscontrata nei pozzi presenta le stesse caratteristiche della "Serie Sudalpina" presente in affioramento al bordo settentrionale della pianura.

Le variazioni di litologia dovute all'ambiente di sedimentazione sono rappresentate in tutta la loro gamma: carbonati di piattaforma, di scarpata e di ambiente pelagico.

- Distribuzione areale (Tav. 7)

Il complesso è presente nel sottosuolo della Pianura Veneta e le sue caratteristiche si differenziano in relazione alle variazioni dell'ambiente di sedimentazione nell'intervallo cronologico considerato.

Si distinguono infatti, procedendo per grandi suddivisioni, 2 aree principali:

- area occidentale, in cui prevalgono i carbonati di ambiente pelagico nei termini cretacico-giurassici e di ambiente di piattaforma in quelli del Trias.

- area orientale dove la serie carbonatica è caratterizzata da calcari di piattaforma per tutto l'intervallo cronologico considerato.

Le due aree descritte sono raccordate da una fascia in cui sono presenti calcari di scarpata (slope) che rappresentano il termine di passaggio fra i due ambienti sopradescritti.

- Rapporti con le altre formazioni

La formazione che poggia sul COMPLESSO CARBONATICO MESOZOICO è generalmente rappresentata dalla SCAGLIA in facies marnosa ed, a luoghi, dalle marne del GRUPPO DI GALLARE.

Alla base del Complesso, comprendendo in quest' ultimo l'intero spessore della DOLOMIA PRINCIPALE, sono presenti le formazioni Triassiche della successione sudalpina.

- Profondità (Tav. 7)

I dati, forniti dai pozzi che hanno raggiunto e attraversato il COMPLESSO CARBONATICO MESOZOICO, sono stati integrati con i dati forniti dai rilievi AGIP che coprono la quasi totalità dell'area.

L'andamento del tetto del Complesso che ne risulta può essere sintetizzato come segue:

- nella parte nord-orientale, a nord del Piave, una superficie con gradiente regolare che immerge dalla costa adriatica verso nord-ovest fino alla "flessura pedealpina";
- al centro, fra il Piave ed il Brenta, una zona fortemente ribassata delimitata ad est dalla scarpata della piattaforma carbonatica ed ad ovest da faglie dirette disposte a gradinata e in risalita fino alla "linea di Schio";
- nella parte Sud-Occidentale, a sud degli affioramenti dei Lessini e degli Euganei, una graduale e regolare discesa del tetto del Complesso da nord verso il centro del bacino padano.

- Spessore

Le isopache del COMPLESSO CARBONATICO MESOZOICO non state tracciate per i motivi che vengono di seguito esposti:

- ridotta utilità pratica poichè l'esecuzione di perforazioni a scopo geotermico non richiede l'attraversamento di tutto il Complesso ma solamente una sua parziale penetrazione;
- l'informazione stratigrafica dai pozzi è distribuita in modo non omogeneo poichè solamente poche perforazioni hanno attraversato il complesso in tutto il suo spessore;
- l'informazione fornita dai rilievi sismici è anch'essa di qualità disomogenea in riferimento agli orizzonti più profondi.

Lo spessore del Complesso supera comunque a i 1000 metri.

- Temperatura (Tav. 12)

I dati elaborati per la compilazione della carta della temperatura al tetto dell'acquifero provengono da pozzi per idrocarburi e dal pozzo geotermico Vicenza 1.

Nei pozzi Vicenza 1 e Villaverla 1 (Pianura Vicentina) sono stati eseguiti profili di temperatura ed altri tests che hanno permesso di ottenere valori sicuramente affidabili nei confronti della termalità del complesso.

La stesura di una carta delle isoterme al tetto del Complesso presenta difficoltà a causa non soltanto della carenza di dati, ma anche dell'assetto strutturale di alcuni settori dell'area d'indagine.

Ci si è pertanto limitati a riportare sulla Tavola 12 i valori di temperatura relativi ai singoli pozzi. Tuttavia, ad integrazione della carta citata, è opportuno segnalare che nella zona occidentale, in coincidenza con la regolare discesa del tetto del Complesso verso il centro del bacino padano, si ha un graduale limitato aumento della temperatura col progredire della profondità.

La stessa situazione dovrebbe verificarsi nel settore nord-orientale, interessato dalla piattaforma carbonatica; ivi l'aumento di temperatura avviene nella direzione opposta, in coincidenza con l'approfondimento del tetto del Complesso.

Nella zona centrale, compresa fra la "linea di Schio" e il limite della piattaforma carbonatica, sono presenti due settori differenziati per assetto strutturale e termalità:

- settore ovest, interessato da rilevanti fenomeni tettonici e con alti gradienti di temperatura specialmente a ridosso dei Colli Euganei;

- settore centro-est, con tetto del Complesso a notevole profondità; ivi tuttavia mancano pozzi per idrocarburi in grado di fornire dati di temperatura. L'unica informazione disponibile è fornita dal pozzo Ballan 1, di recente perforazione. Questo pozzo, ubicato su un alto strutturale compreso fra 2 faglie, presenta un gradiente geotermico elevato con una temperatura di 82°C a 2100 m di profondità.

- Salinità

Le acque incontrate all'interno del COMPLESSO CARBONATICO MESOZOICO nei pozzi della pianura veneta hanno una salinità generalmente bassa, anche a notevole profondità. Tale fenomeno è probabilmente dovuto ad un forte afflusso laterale di acque dolci, che si infiltrano nei rilievi pedevalpini, ove affiorano le formazioni carbonatiche. A sud l'acquifero carbonatico si approfondisce ed è ricoperto e messo in pressione da formazioni impermeabili del Cretaceo e del Terziario, cosicché nei pozzi l'acqua risale dal tetto dei calcari fino a profondità vicine al piano campagna.

Un altro fenomeno tipico, soprattutto della pianura veronese e della zona fra Treviso e Padova, è il fatto di trovare acquiferi con acqua dolce al di sotto di acqua salata. Nel pozzo Ballan 1, ad esempio, alla profondità di 2200-2300 m, l'acqua contenuta nella Maiolica è salmastra (circa 12 g/l), mentre a 3300-3460 m, all'interno della DOLOMIA PRINCIPALE, l'acqua diventa praticamente dolce (1,5 g/l).

- Produttività

La disponibilità di valori affidabili di parametri idrodinamici è limitata ai dati forniti dai pozzi Villaverla 1 e Vicenza 1. Questi pozzi sono stati oggetto di ripetute prove di produzione che hanno segnalato un potenziale produttivo interessante e la presenza di acqua dolce fino a notevoli profondità.

Pur essendo il serbatoio caratterizzato da valori di permeabilità non eccessivamente alti, il notevole spessore dell'acquifero supplisce a questa carenza.

La permeabilità, di tipo secondario, dovuta principalmente a fratturazione più o meno intensa e, in subordine, a fenomeni di dissoluzione e carsismo, induce a collocare l'acquifero in quelli discontinui nei quali le estrapolazioni del parametro, anche a brevi distanze, assumono carattere aleatorio.

I valori della permeabilità e della trasmissività nel pozzo Vicenza 1, che è stato oggetto delle prove di produzione più esaurienti, sono rispettivamente di $2,7 \times 10^{-6}$ m/s e di $5,4 \times 10^{-4}$ m²/s.

Per quanto concerne il pozzo Villaverla 1, la presenza di una barriera impermeabile, rappresentata da una faglia normale alla direzione del flusso, abbassa ai tempi lunghi di prova i parametri citati. I valori ricavati sono i seguenti: $1,1 \times 10^{-7}$ m/s e circa 1×10^{-4} m²/s rispettivamente per la permeabilità e la trasmissività.

2.2. Acquiferi discontinui

Caratterizzano le zone collinari e montane. Le rocce affioranti si possono dividere in varie categorie in base al tipo di permeabilità (Fig. 3).

2.2.1. Formazioni a permeabilità primaria

I sedimenti a permeabilità primaria elevata sono costituiti dai materiali clastici medio-grossolani incoerenti (ghiaie e sabbie) delle alluvioni attuali, recenti e terrazzate o dei coni di deiezione particolarmente abbondanti e potenti lungo gli alvei dei principali fiumi o allo sbocco dei torrenti nelle valli più ampie (Vallone Bellunese, Conca di Feltre, ecc.).

I valori della permeabilità in tali sedimenti variano da di 10^{-4} a 10^{-1} m/s.

Una permeabilità molto elevata è riscontrabile anche nei detriti di falda e negli accumuli di frana.

Hanno invece una permeabilità variabile, da media a bassa, le alluvioni fini, i conglomerati e le arenarie poco cementate, le rocce piroclastiche incoerenti e le morene; in questi ultimi depositi la permeabilità, da valori di 10^{-3} a 10^{-4} m/s, può spingersi fino a minimi di 10^{-8} m/s ed oltre nei depositi con prevalenza di limo glaciale.

2.2.2. Formazioni a permeabilità secondaria

Vi sono comprese le rocce le cui caratteristiche fisico-meccaniche, quali la fitta stratificazione, la scagliosità e l'intenso grado di fratturazione, favoriscono la permeabilità. Esse sono largamente diffuse in tutta la Regione dando luogo a serbatoi a permeabilità molto varia, anche importante.

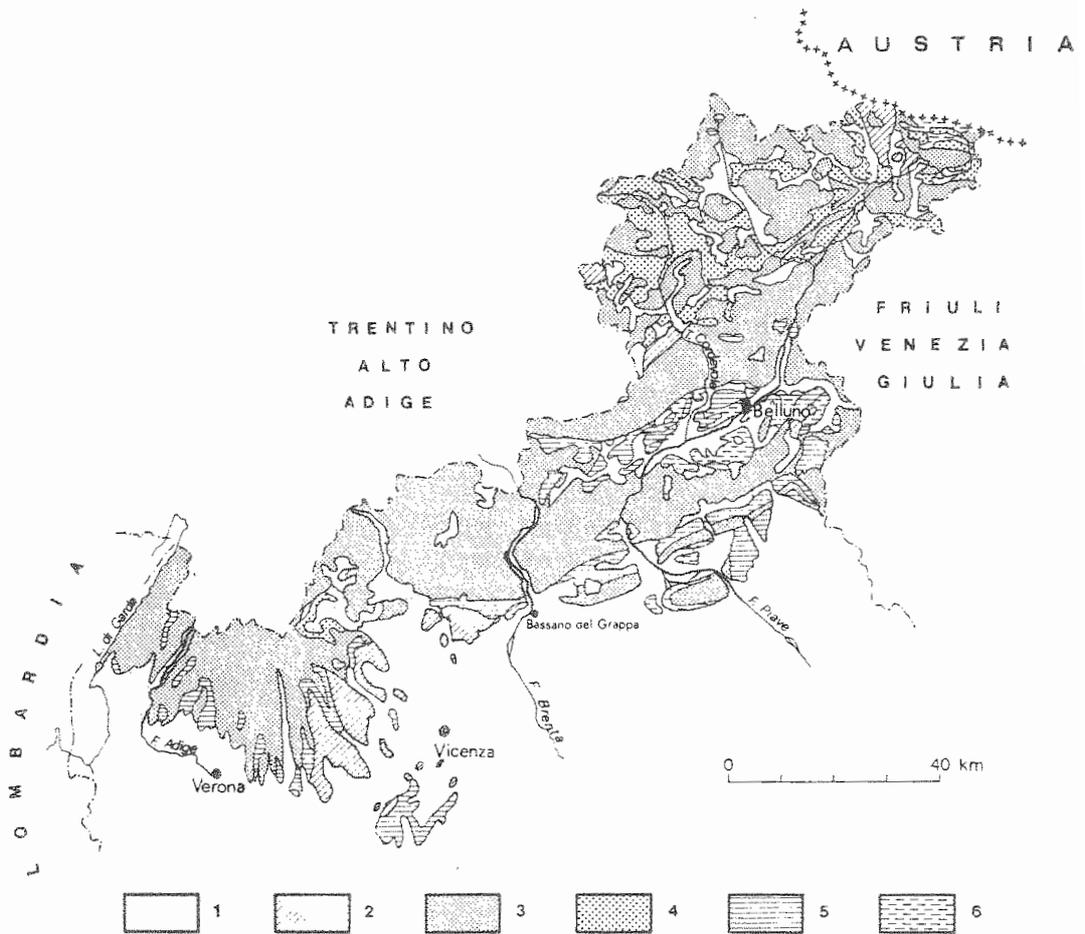


FIG. 3. Distribuzione schematica delle rocce in funzione della permeabilità

1. Rocce a permeabilità primaria. 2. Rocce a permeabilità secondaria per fratturazione. 3. Rocce a permeabilità secondaria per fratturazione e soluzione. 4. Associazioni eterogenee a permeabilità variabile. 5. Rocce impermeabili, con intercalati livelli a permeabilità secondaria. 6. Rocce impermeabili.

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

Tra le rocce a permeabilità elevata si possono ricordare i basalti fessurati, mentre presentano permeabilità variabile, in genere bassa, i basalti a fratturazione minuta, le dolomie del Triassico superiore, le rocce clastiche fortemente diagenizzate senza cemento carbonatico, i complessi marnosi a frattura scagliosa, le rocce metamorfiche fortemente scistose con le associate intercalazioni quarzitiche sovente molto fratturate.

I calcari mostrano spesso un intenso grado di fratturazione; in essi, però, la permeabilità secondaria è dovuta in gran parte a fenomeni di soluzione (carsismo) e può raggiungere valori elevatissimi, anche se mal quantificabili; in talune regioni calcaree l'assorbimento delle acque meteoriche è pressochè totale. Il fenomeno carsico è più sviluppato nelle successioni calcaree giurassico-cretaciche ed è frequente nei litotipi dolomitici, calcarenitici o nei conglomerati ed arenarie a cemento carbonatico. La permeabilità secondaria per soluzione è riscontrabile anche nei gessi permici e carnici, ma la sua importanza è limitata dalla scarsità e discontinuità di un tal tipo di sedimenti.

3. SORGENTI TERMALI

Le manifestazioni termali del Veneto sono concentrate lungo una fascia est-ovest, al passaggio tra la pianura e i rilievi prealpini. Le tre principali aree termali sono: la zona circostante i Colli Euganei, in provincia di Padova; l'area a sud-est dei Colli Berici (VI); e infine una zona nei pressi di Caldiero a meridione dei Monti Lessini (VR). Sono da segnalare anche dei pozzi termali a San Michele al Tagliamento ai confini con il Friuli e a Jesolo-Eraclea. L'acqua sembra di origine meteorica e la fonte di calore sarebbe il normale flusso termico terrestre.

I risultati degli studi geochimici ed isotopici indicano altitudine di infiltrazione, nelle aree di ricarica dei circuiti, variabile da 700 m fino ad oltre 1500 m. In queste aree di probabile alimentazione affiorano formazioni fessurate, che s'immergono verso sud ad elevate profondità e quindi consentono alle acque fredde di infiltrarsi nel sottosuolo, di scendere in profondità e di assumere temperature elevate in coerenza con il gradiente geotermico.

Le differenti temperature delle acque termali nelle varie zone, sia misurate all'emergenza, sia valutate in serbatoio sulla base dei termometri geochimici, derivano con ogni probabilità dalle differenti profondità cui giungono i vari circuiti negli acquiferi interessati.

La risalita a giorno da questi serbatoi più o meno profondi avviene in genere lungo la zona di contatto tra substrato roccioso e copertura sciolta: l'ubicazione delle sorgenti, sempre posta a ridosso dei versanti, ne è la testimonianza.

Le sorgenti citate mostrano rilevanti affinità per quanto riguarda il chimismo delle acque. Infatti, qualunque sia l'area termale, acque con temperature analoghe mostrano analoghi valori di concentrazione salina: aumentando la temperatura aumenta infatti il contenuto salino. Inoltre, l'ipotesi che i circuiti geotermali si sviluppino nello stesso tipo di rocce appartenenti alla serie geologico-stratigrafica veneta è confermata dal tipo di sali contenuti nelle acque termali, che sono simili per i vari gruppi di sorgenti.

4. UTILIZZAZIONI

Le applicazioni pratiche della geotermia in Veneto risalgono a molti decenni fa e alla data odierna la Regione è fra le prime in Italia nel campo della utilizzazione di fluidi geotermici per fini non elettrici.

L'uso delle acque geotermiche per climatizzazione (riscaldamento civile) e, nell'utilizzo in cascata, le applicazioni fisioterapiche nel comprensorio idrotermale di Abano, sono in atto da tempo.

Attualmente nella zona dei Colli Euganei le acque geotermiche sono utilizzate in un centinaio di alberghi per riscaldare i locali e produrre acqua sanitaria, nonché per usi balneoterapici, medicali, e agricoli.

I principali centri di utilizzazione sono: Abano, Montegrotto Terme, Battaglia Terme, Galzignano.

Nei vari campi di utilizzazione Abano offre un significativo contributo al risparmio energetico che si aggira intorno ai 150.000 TEP/anno; la maggior parte di tale risparmio proviene dall'uso balneoterapico, ed il rimanente (circa 35.000 TEP) dal riscaldamento alberghiero. Nelle applicazioni in agricoltura è da ricordare Galzignano (Abano) che con due ettari di serre per la produzione di piante ornamentali e fiori, riscaldate con acque a 65°C, contribuisce al risparmio energetico con oltre 1000 TEP/anno.

Nel resto del Veneto è nota un'applicazione per itticultura a Latisana, sulla costa.

Infine l'attività dell'AGIP per ricerca di idrocarburi ha consentito di reperire fluidi caldi dolci a Villaverla, a nord di Vicenza, ove è stato studiato in dettaglio un possibile uso per lavanderia ospedaliera. Il fabbisogno termico totale annuo di 5100 Gcal comporterebbe un risparmio energetico di 650 TEP/anno.

Sulla base delle conoscenze acquisite con il pozzo Villaverla, l'AGIP ha poi perforato con successo a nord della città, il pozzo Vicenza 1, risultato produttivo ad acqua dolce a 2200 m di profondità, con una portata massima di 120 m³/h e una temperatura del fluido di 67°C a testa pozzo.

Le caratteristiche termico-produttive del pozzo hanno reso possibile la realizzazione di un progetto, a seguito di un accordo con l'Azienda Municipalizzata di Vicenza (AIM), consistente nella fornitura di acqua geotermica per il teleriscaldamento di alcuni quartieri della città, inclusa la fornitura di acqua igienico sanitaria.

L'attuazione del progetto, che prevede anche l'utilizzo di pompe di calore, è attualmente in corso e la produzione sarà avviata all'inizio del 1989.

Il bilancio globale del sistema integrato AGIP-AIM Vicenza porta ai seguenti parametri energetici: l'energia necessaria al sistema è di 4110 TEP, mentre il consumo energetico attuale è di 5570 TEP; poichè l'energia primaria per la produzione di energia elettrica e calore è di 2370 TEP, ne risulta una energia sostituita annua di 3200 TEP; il fluido geotermico prodotto darà un contributo energetico equivalente a 2460 TEP.

5. CONCLUSIONI

La Regione presenta nel suo complesso un buon interesse minerario per la geotermia a bassa entalpia, con prospettive di utilizzo dei fluidi nel riscaldamento urbano e nei settori agricolo e industriale.

La carta di fig. 4 individua le aree con diverso interesse geotermico e in particolare:

Zona 1: area periferica dei Berici-Euganei.

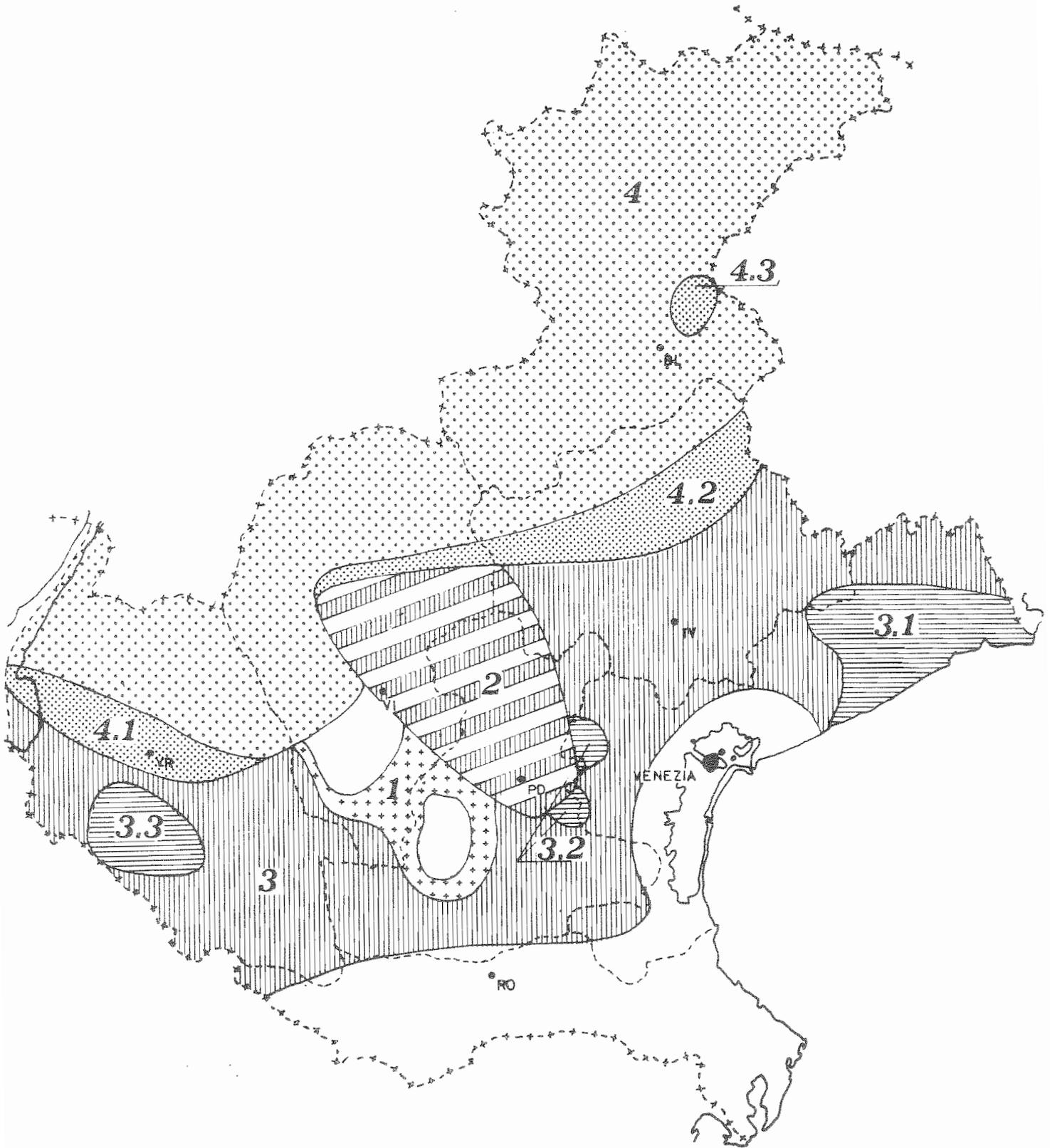
Elevato interesse per la presenza di acquiferi in sorgenti calde ed in pozzi con temperatura fino a 86°C a piccola profondità (entro 600 m).

La risorsa viene ampiamente utilizzata nei territori di Abano, Montegrotto, Galzignano, ecc. Vi sono circa 200 pozzi produttori con una portata complessiva (nei periodi di punta) di circa 3000-4000 m³/h di acque con circa 4-5 g/l di sali disciolti. I serbatoi sono prevalentemente livelli carbonatici del Mesozoico.

Zona 2: aree del triangolo Schio-Piove di Sacco-Bassano.

Zona di buon interesse per la presenza di acquiferi dolci in calcari e dolomie mesozoiche a profondità di 1500-2200 m con buone portate (fino a 100-150 m³/h) e con temperature di 55°-82°C. La risorsa rinvenuta nei pozzi dell'AGIP verrà utilizzata a Vicenza ed è disponibile nel pozzo di Villaverla

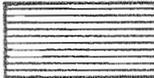
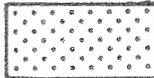
VENETO



Scala 1:1.000.000

FIG. 4

LEGENDA (Fig. 4)

- 1  Area periferica Berici-Euganei. Acquiferi in sorgenti calde e pozzi. Temp. max 86°. Prof. max 600 m. Serbatoi in rocce carbonatiche mesozoiche. Elevato interesse.
- 2  Area Schio-Bassano-Piove di Sacco. Acquiferi dolci in calcari e dolomie mesozoiche. Prof. 1500-2200 m. Temp. 55-75°. Buone portate. Buon interesse per aree urbane di Vicenza e Padova. E' presente anche l'acquifero 3.
- 3  Pianura Padana da Sud-Verona al Tagliamento. Sabbie e ghiaie ad acqua dolce. Prof. max 800 m. Temp. max 48°.
-  Zone meglio definite 3.1. Zona orientale
3.2. Zona a SE e NE di Padova
3.3. Zona a S di Verona
Buono/discreto interesse
- 4  Area alpina e prealpina. Acquiferi dolci e caldi, discontinui.
-  Zone meglio definite 4.1. Zona Veronese
4.2. Zona Montello
4.3. Zona Belluno
-  Aree non valutabili o di scarso interesse.

(tra Schio e Vicenza); altri rinvenimenti sono stati effettuati nei pozzi di S. Angelo, Legnaro e Ballan attorno a Padova.

Zona 3: Pianura Veneta nel settore da Sud di Verona sino al Tagliamento.

Ampia zona costituita da sabbie e ghiaie a profondità localmente fino a 800 m, ad acqua dolce. Si individuano i seguenti settori più definiti:

3.1. Fascia tra Iesolo, San Donà di Piave e il tratto terminale del Tagliamento.

Nell'area l'AGIP ha individuato con vari pozzi una risorsa di acqua dolce con almeno due consistenti livelli di sabbie e ghiaie permeabili (prevalentemente di età Quaternaria) entro gli 800 m; la termalità delle risorse può raggiungere localmente i 48°C (come ad esempio, a Latisana, in pozzi eseguiti a 400 m di profondità da privati).

La portata in erogazione spontanea (sempre a Latisana) varia da un minimo di 1,5 ad un massimo di 35 m³/h. Sono state riscontrate tracce di metano. In letteratura è indicata una utilizzazione per itticoltura e riscaldamento civile.

Localmente in questa zona la serie carbonatica mesozoica presenta buona permeabilità ed acqua leggermente salata con temperatura fino a 72°C a 1700 m (S. Stino).

3.2. Area a SE e a NE di Padova.

I pozzi Legnaro, S. Angelo e Ballan hanno messo in evidenza vari pacchi di sabbie ad acqua dolce entro i 350 m (oltre all'obiettivo profondo descritto sotto la zona 2).

3.3. Zona a Sud di Verona.

E' una zona abbastanza ampia in cui almeno due pozzi AGIP (Villafranca e Bovolone) hanno individuato entro i 300 m grossi pacchi di sabbie e ghiaie ad acqua dolce.

Zona 4: zona alpina e prealpina.

Comprende alcune aree limitate, con acquiferi ad acque dolci frazionati in relazione a sistemi fagliati profondi.

Esempi:

4.1. Zona Domegliara-Caldiero.

Vi sono note manifestazioni ipotermali con acque con temperature fino a 43°C in livelli entro un centinaio di metri di profondità. Interesse per la città di Verona che ricade in posizione intermedia tra le due manifestazioni.

4.2. Zona Montello.

L'AGIP e altri operatori petroliferi vi hanno perforato tre pozzi rinvenendo acque dolci in arenarie e ghiaie mioceniche a profondità sul migliaio di metri con temperatura fino a 55°C.

4.3. Zona Belluno.

Il pozzo AGIP omonimo ha rinvenuto in dolomie triassiche, con discreta permeabilità, acque dolci con temperatura di circa 43°C a 1000 m di profondità.

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.

Baglioni A., Dionisio F., Guglielminetti M., Verdiani G. (1983).

"Vicenza geothermal project." European Geothermal Update, Munich.

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" - CISPEL - 2° Conferenza Nazionale Energetica, Venezia.

Battisti I., Invernizzi G., Nardini G.V., Piemonte C., Szegö E. (1983).

"The use of low enthalpy geothermal sources in connection with a natural gas expander for heating the city of Padova." European Geothermal Update, Munich.

Carella R., Guglielminetti M., Verdiani G. (1986).

"Attività dell'AGIP nel campo dell'energia geotermica in Italia." Convegno Az. Federelettrica, Padova.

Cernuschi G.B. (1984).

"Recuperi energetici da fonti geotermiche." Convegno Recupero Energia nell'Edilizia, Milano.

Commission of the European Communities. Italian Working Group. (1984).

"Assessment of EC Geothermal Resources and Reserves, Italy"

Corsi M., Gatto G.O. e Mozzi G. (1968).

Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, F° 36, Schio. Serv. Geol. It., Roma.

Corsi M. e Gatto G.O. (1967).

Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 F° 49, Verona. Serv. Geol. It., Roma.

Dal Prà A. (1984).

"Studio sulle acque termali del Veneto." Rapporto J.V. AGIP-ENEL.

Dal Prà A. e Stella L. (1978).

"Primo contributo alla conoscenza del termalismo idrico nel sottosuolo della bassa pianura veneto-friulana alle foci del fiume Tagliamento." Quaderni IRSA V.34, n°16.

Dondi L.; 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.

Fanelli M. et al. (1982).

"Manifestazioni idrotermali italiane". CNR-PFE-RF 13.

Geotecneco (1976).

"Carta della montagna" - Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Vol. II, fasc. 5.

Guglielminetti M., Invernizzi G., Sommaruga C. (1982).

"Usi industriali non elettrici di fluidi geotermici" - A.N.I.M., giornata di studio su "I fluidi sotterranei e nuove fonti energetiche", Piacenza.

Leonardi P. (1967).

"Le Dolomiti, Geologia dei monti tra Isarco e Piave." CNR e Giunta Prov. Trento.

Marinelli G. (1975).

"Magma evolution in Italy", in: Squyres C.H., Ed. "Geology of Italy", Earth Sc.Soc. Libyan Arab Republic, Tripoli.

Ogniben L., Parotto M. e Praturlon A. (1975).

"Structural Model of Italy." CNR, Roma.

Panichi C., Tongiorgi E., Baldi P., Ferrara G.C., Ghezzi G., Marchetti M. (1976).

"Geochimica delle acque termali euganeo-beriche." Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, V. 30.

Piccoli G. et al. (1973).

"Contributo alla conoscenza del sistema idrotermale Euganeo-Berico". Mem. Acc. Naz. Lincei.

Pieri M. e Groppi G. (1981).

"Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy." Pubbl. 414, P.F. Geodinamica, C.N.R.

Ruggieri G. (1973).

"Sottosuolo padano-veneto," in: Desio A., Geologia dell'Italia, UTET, Torino.

Schiesaro G. (1982).

"La dinamica del bacino termale euganeo; modello indiziario della produzione." Industria Mineraria, n°6.

Stefanini S. (1980).

"Il termalismo delle acque artesiane nelle lagune di Marano di Grado e nelle aree adiacenti. Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia N°5.

Szegö E., Piemonte C. (1984).

"Azionamento di pompe di calore tramite turboespansore di gas metano: esempio applicativo per la città di Padova."
Convegno "Pompe di calore non elettriche", Busto Arsizio.

Zanella G. (1980).

"Lo stato attuale della ricerca e possibili applicazioni pratiche da parte degli enti locali delle nuove tecnologie con particolare riferimento a quelle solari".
Convegno CRIPEL Veneto, Palermo 1980.

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.