

S. GRASSI (\*)

«ALCUNE OSSERVAZIONI SULLE CARATTERISTICHE  
GEOCHIMICHE DELLE ACQUE SOTTERRANEE  
DELLA BASSA PIANURA FRIULANA»

**Riassunto** - Vengono esaminati i dati chimici ed isotopici di diciassette punti d'acqua situati nella bassa pianura friulana, fra la linea delle risorgive e la costa, opportunamente integrati da dati di letteratura. Le acque sotterranee considerate, che circolano entro livelli acquiferi quaternari, presentano temperature comprese fra 10 e 50 °C circa e, nella maggior parte dei casi, salinità variabili fra 300 e 800 mg/l.

Nonostante la bassa salinità osservata, le acque erogate dai pozzi risultano, in genere, praticamente prive di tritio e presentano contenuti isotopici ( $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ ) indicativi di circolazioni che si sviluppano a partire dalle aree alpine e perialpine e giungono sino al mare.

A valori di composizione isotopica generalmente più negativi, procedendo verso la costa, si associa un'evoluzione geochimica dei fluidi che passano da  $\text{Ca-HCO}_3$  a  $\text{Na-HCO}_3$ . Probabilmente l'aumento di alcalinità delle acque dovuta alla produzione di  $\text{CO}_2$  di possibile origine biogenica viene progressivamente neutralizzata dall'acquisizione di Na attraverso processi di scambio ionico e idrolisi di feldspati.

Un primo modello di circolazione delle acque sotterranee della bassa pianura friulana viene formulato sulla base delle considerazioni effettuate.

**Abstract** - «Some observations on the geochemical characteristics of ground-waters of the low Friuli plain». Chemical and isotopic data of 17 water-points located in the low Friuli plain between «risorgive» springs and the coast are examined. The waters flowing within Quaternary aquifers have temperature between 10 and 50 °C and salinity mostly in the range of 300-800 mg/l.

In spite of the low salinity, the fluids delivered by wells are practically tritium free and their stable isotope ( $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ ) contents indicate water circulations that develop from Alps or their surroundings and reach the coast.

More negative isotopes values are generally associated to a geochemical evolution of groundwaters that, from  $\text{Ca-HCO}_3$ , become  $\text{Na-HCO}_3$  in type moving to the coast. The increased alkalinity due to the production of possible biogenic  $\text{CO}_2$  could be neutralized by Na released through ionic exchange processes and hydrolysis of feldspars.

A first circulation model for the waters of the low Friuli plain is also given.

**Key words** - Isotope, groundwater, thermal waters.

---

(\*) CNR - Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche - Piazza Solferino, 2 - Pisa.

## INTRODUZIONE

L'area litoranea nella bassa pianura friulana, ovvero di quella parte della pianura che va dalla linea delle risorgive al mare (fig. 1), è caratterizzata dalla presenza di acquiferi clastici prevalentemente quaternari eroganti acque con temperature fra 20 - 50 °C circa. I livelli acquiferi presentano spiccata artesianità, con pressioni a testa pozzo comprese fra 1 e 3 atm, mentre le portate dei pozzi variano da pochi sino a 10 l/s. Le acque erogate, utilizzate a scopo domestico, agricolo ed in itticoltura, hanno, in genere, bassa salinità in alcune di esse è stata riscontrata la presenza di  $H_2S$  e  $CH_4$  (FRISONI, 1985).

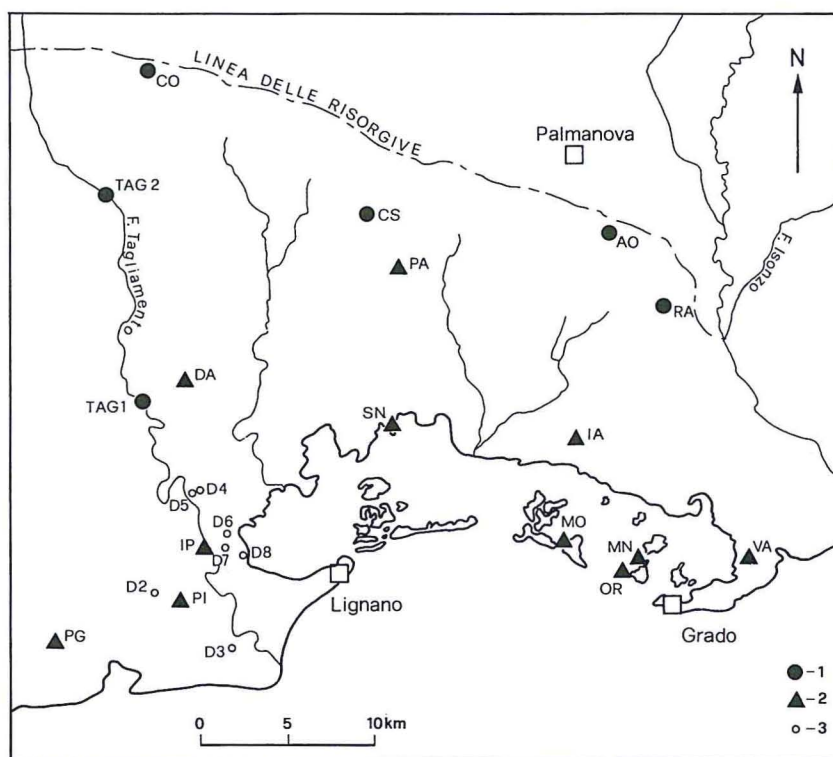


Fig. 1 - Ubicazione punti d'acqua. 1) risorgive e fiume Tagliamento, 2) pozzi, 3) pozzi da DAL PRÀ E STELLA 1978. Per le sigle vedi tabella 1 a, b.

Vari studi sono stati eseguiti sul termalismo della zona litoranea della bassa pianura friulana (DAL PRÀ e STELLA, 1978; STEFANINI, 1980; BARNABA, 1990). Scarsi sono comunque i dati chimici a disposizione

TAB. 1a-b - Dati termici, chimici ed isotopici di alcune acque della bassa pianura friuliana. Le concentrazioni chimiche sono in mg/l,  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^2\text{H}$  sono in ‰ vs. SMOW ed il tritio in U.T. I dati di tab. 1b sono ripresi da DAL PRA E STELLA (1978).

a														
Punto acqua	Tipo	Sigla	T°C	Na	K	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	TDS	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	tritio
Tagliamento	Fiume	TAG1	n.d.	3.1	1.1	87.3	26.6	225.7	170.0	5.5	519	-8.72	-59.0	15.7
Tagliamento	Fiume	TAG2	n.d.	2.6	1.1	86.8	23.3	225.7	161.0	4.3	505	-8.70	-58.4	14.1
Castonis	Risorgiva	CS	12.8	2.0	0.7	104.0	30.8	256.2	55.5	4.1	461	-8.03	-53.5	37.3
Cadroipo	Risorgiva	CO	11.7	2.2	0.7	96.6	27.6	211.1	112.0	5.6	460	-8.71	-56.6	15.7
Aiello	Risorgiva	AO	13.0	4.3	0.9	94.6	27.6	305.0	26.1	8.0	471	-7.24	-47.6	17.9
Ruda	Risorgiva	RA	12.3	2.1	1.3	93.2	21.6	286.7	16.4	6.6	432	-6.97	-43.4	12.3
Pampaluna	Pozzo	PA	22.8	32.6	1.2	36.1	17.0	244.0	0.1	2.5	353	-8.80	-59.0	0.3
Pacchiega	Pozzo	PG	43.0	72.1	4.6	8.3	2.4	219.6	0.1	1.2	332	-8.46	-56.1	0.0
Pasti	Pozzo	PI	47.8	114.0	5.4	7.7	2.6	301.3	0.1	9.7	466	-8.93	-61.3	0.6
V. Artalina	Pozzo	VA	20.0	32.2	6.6	40.3	18.7	250.1	10.5	4.7	381	-8.07	-52.5	2.6
Morgo	Pozzo	MO	35.0	91.7	3.8	18.9	6.3	292.8	0.1	10.5	444	-9.96	-68.7	0.7
Isola. Picchi	Pozzo	IP	43.4	404.0	17.1	7.4	3.5	549.0	0.3	317.0	1330	-8.24	-55.6	0.2
Orbi Martin	Pozzo	MN	22.3	43.5	4.9	35.7	15.0	262.3	8.3	1.0	387	-8.91	-59.5	0.0
Idrovora	Pozzo	IA	24.0	61.9	2.8	24.7	9.6	257.4	0.2	2.6	372	-10.00	-67.2	0.9
S.P. D'Orto	Pozzo	OR	23.9	130.0	5.3	18.2	5.5	311.1	0.1	53.2	539	-10.01	-67.2	1.1
Latisana	Pozzo	DA	27.2	84.3	0.8	21.5	8.3	286.7	0.1	10.6	429	-9.58	-64.9	0.0
Spington	Pozzo	SN	22.4	46.8	1.2	30.7	13.5	248.9	0.1	1.0	357	-9.81	-66.8	0.0

b												
Punto acqua	Sigla	T°C	NA	K	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	TDS		
Pozzo 2	D2	43.2	84.3	5.2	8.9	2.6	260.0	0.0	7.0	389		
Pozzo 3	D3	27.4	111.0	11.9	7.7	2.1	334.0	0.0	7.0	489		
Pozzo 4	D4	29.2	137.6	2.7	9.2	6.4	415.0	0.0	20.4	608		
Pozzo 5	D5	35.0	176.1	3.9	13.5	8.9	482.0	0.0	48.2	751		
Pozzo 6	D6	39.0	195.3	4.9	13.5	3.4	558.0	0.0	27.5	822		
Pozzo 7	D7	40.6	190.9	5.4	3.9	1.5	515.0	0.0	12.5	749		
Pozzo 8	D8	35.4	185.0	4.8	5.7	4.2	531.0	0.0	15.5	765		

(DAL PRÀ e STELLA, 1978), i quali sono peraltro limitati alla zona della foce del Tagliamento; poche sono anche le indicazioni di carattere isotopico (DALLA VEDOVA *et al.* 1987).

Nell'ambito di un recente studio (BELLANI *et al.*, 1994) eseguito per conto del MICA (Ministero dell'Industria, Commercio ed Artigianato) sulle risorse idrotermali dell'area costiera del Friuli, sono state effettuate anche analisi chimiche ed isotopiche dei fluidi erogati da 17 punti d'acqua, distribuiti fra la zona delle risorgive e la costa, ivi compresi alcuni pozzi ubicati lungo i cordoni litoranei (fig. 1).

Al di là degli aspetti relativi alle caratteristiche termiche dell'area in esame, che verranno affrontati ed approfonditi in note specifiche, nel corso dello studio sono emersi interessanti elementi riguardo alle caratteristiche geochimiche delle acque sotterranee. Questi, anche se insufficienti a caratterizzare tutta l'area, possono tuttavia fornire un contributo al miglioramento delle conoscenze sulla circolazione idrica della bassa pianura friulana.

#### INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELLA PIANURA FRIULANA

Di seguito sono riportati alcuni cenni sull'idrogeologia della pianura friulana. Per maggiori approfondimenti si rinvia alla già citata bibliografia e ai lavori di STEFANINI e CUCCHI (1976, 1977a, b).

La bassa pianura friulana è costituita da depositi clastici quaternari poggianti generalmente su formazioni molassiche mioceniche, talora su formazioni detritiche plioceniche. Al di sotto del Miocene si trovano formazioni flyschoidi paleogeniche sovrapposte ad una potente serie carbonatica (CATI *et al.*, 1987a, b) che risulta sollevata lungo una dorsale ad andamento meridiano nella zona costiera (BARNABA, 1990; CASERO *et al.*, 1990).

Oltre la linea delle risorgive, sino alle pendici delle prealpi si estende l'alta pianura friulana, che, costituita da depositi quaternari prevalentemente ciottolosi, è sede di una potente falda freatica. Questa riceve alimentazione dai corsi d'acqua provenienti dall'arco alpino, e probabilmente dalla circolazione che si sviluppa all'interno delle formazioni carbonatiche affioranti nella parte occidentale delle Prealpi (fig. 2). L'alta pianura friulana costituisce un vero e proprio serbatoio con notevole capacità di assorbimento e immagazzinamento delle acque.

Solo una parte delle acque contenute in questo «serbatoio» torna a giorno presso le risorgive; una larga parte della circolazione sotterranea va, infatti, ad alimentare gli acquiferi della bassa pianura.

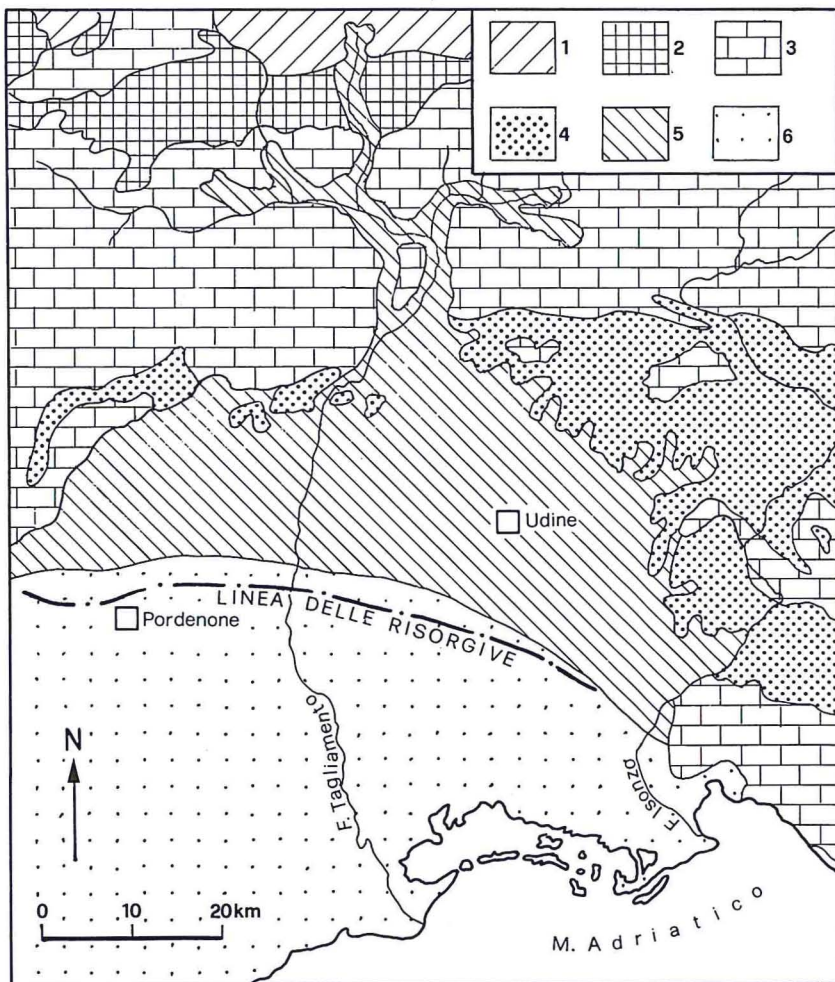


Fig. 2 - Schema idrogeologico della pianura friuliana e dell'arco alpino. 1) plutoniti e metamorfiti a limitata permeabilità, 2) successione a permeabilità locale formata da arenarie, calcari, dolomie, marne ed evaporiti, 3) successione prevalentemente calcareo dolomitica ad elevata permeabilità, 4) successioni terrigene a bassa permeabilità, 5) depositi continentali prevalentemente ghiaiosi, 6) depositi continentali e marini ghiaiosi, sabbiosi ed argillosi.

L'esistenza delle risorgive è determinata dalla variazione delle caratteristiche di permeabilità dei livelli acquiferi che passano da prevalentemente ciottolosi nell'alta pianura, a sabbiosi e siltosi con intercalazioni argillose nella bassa pianura; in quest'area sono presenti anche strati torbosi.

Almeno otto diverse falde sono riconosciute nei primi 450 m di profondità della bassa pianura friulana con livelli acquiferi spesso ramificati (STEFANINI e CUCCHI, 1977, b). Il complesso dei terreni quaternari costituisce un acquifero multi-strato certamente confinato verso la superficie, ma con possibili interconnessioni in profondità.

Procedendo verso mare si assiste, in genere, ad un assottigliamento dei livelli acquiferi e ad una riduzione delle granulometrie dei materiali litici. Nella fascia costiera si rinvengono diverse falde idriche con acquiferi termali situati a profondità intorno ai 400 m nella zona della foce del Tagliamento e di circa 250-300 m nella zona della laguna di Grado.

Acque termali si rinvengono anche al tetto delle formazioni mioceniche, che sono, però, raggiunte da pochi pozzi. Discrete sembrano essere le caratteristiche di permeabilità di queste formazioni; il possibile sfruttamento delle risorse idrotermali nei terreni miocenici è però condizionato, almeno nella fascia costiera, dalla presenza di acque salmastre e/o salate che dovrebbero trovarsi a profondità intorno ai 600 m (AGIP, 1972).

Come indicato da dati geofisici (BELLANI *et al.*, 1994), il tetto del substrato impermeabile (flysch) tende a risalire da profondità superiori ai 1500 m, procedendo da NO verso la costa, dove si trova a profondità di circa 700 m nell'area della foce del Tagliamento e di 300 m nella zona di Grado.

#### CARATTERISTICHE GEOCHIMICHE DELLE ACQUE

In tabella la sono riportati i dati termici, chimici ed isotopici di 17 campioni relativi a 4 risorgive, 11 pozzi e a 2 acque del fiume Tagliamento. Oltre a questi punti d'acqua, sono state presi in considerazione anche 7 pozzi della zona della foce del Tagliamento. Le caratteristiche geochimiche di questi pozzi riportate in tabella 1b, sono state riprese dal lavoro di DAL PRÀ e STELLA (1978). L'ubicazione dei vari punti d'acqua è riportata in figura 1.

Ad eccezione del pozzo Isola Picchi, le acque dei pozzi esaminati presentano salinità notevolmente basse comprese fra 300 e 800 mg/l circa, nonostante esse derivino da circolazioni idriche caratterizzate da tempi di residenza piuttosto lunghi, come indica il loro basso se non nullo contenuto in tritio. Per le risorgive ed il fiume Tagliamento il contenuto in tritio è invece compatibile con alimentazioni meteoriche recenti e/o attuali. Solo nel caso della risorgiva Castionis il contenuto in tritio risulta particolarmente elevato raggiungendo le 37 U.T. Questo

valore, nel caso che non derivi da eventuali contaminazioni, suggerirebbe possibili tempi di circolazione delle acque sotterranee intorno ai 25-30 anni.

I valori di composizione isotopica dell'ossigeno e dell'idrogeno sono in buon accordo con la retta meteorica mondiale (fig. 3). I contenuti in  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  risultano più elevati nelle acque delle risorgive e più bassi mano mano che si procede verso la costa dove in una zona compresa fra il litorale e le isole lagunari (fig. 4), si raggiungono valori di  $^{18}\text{O}$  di circa -10 ‰.

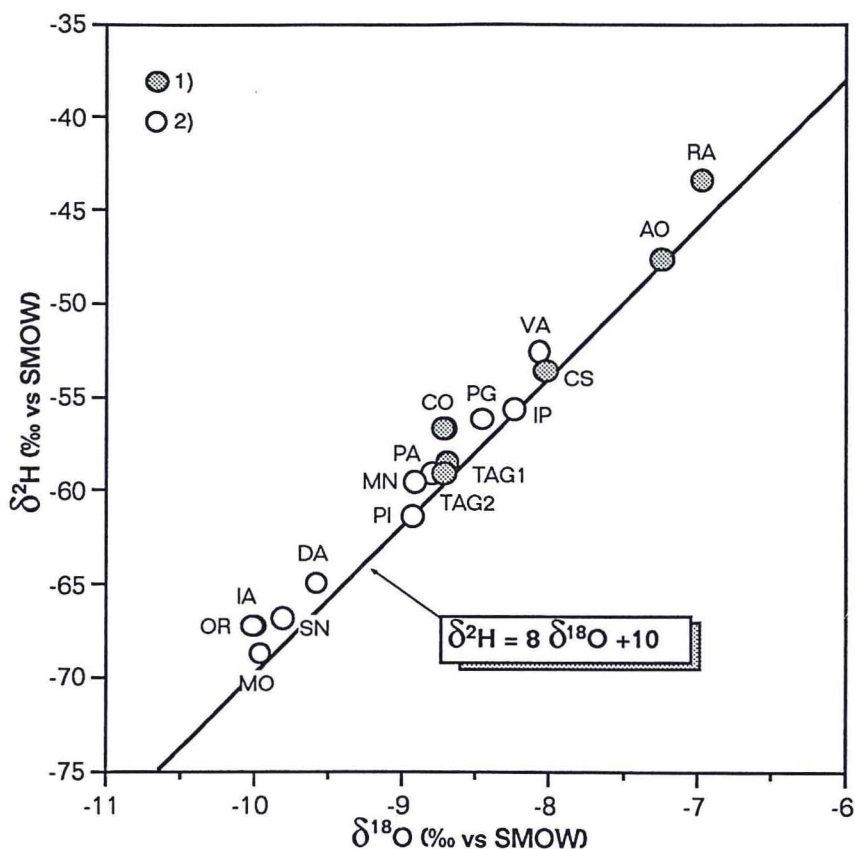


Fig. 3 -  $\delta^2\text{H}$  vs.  $\delta^{18}\text{O}$  per le acque considerate. Per le sigle vedi tab. 1a.

Assumendo per le precipitazioni meteoriche una variazione altimetrica media di 0.25 per mille / 100 m nel contenuto in  $^{18}\text{O}$  (ERIKSSON, 1983), le quote di alimentazione delle acque sotterranee esaminate

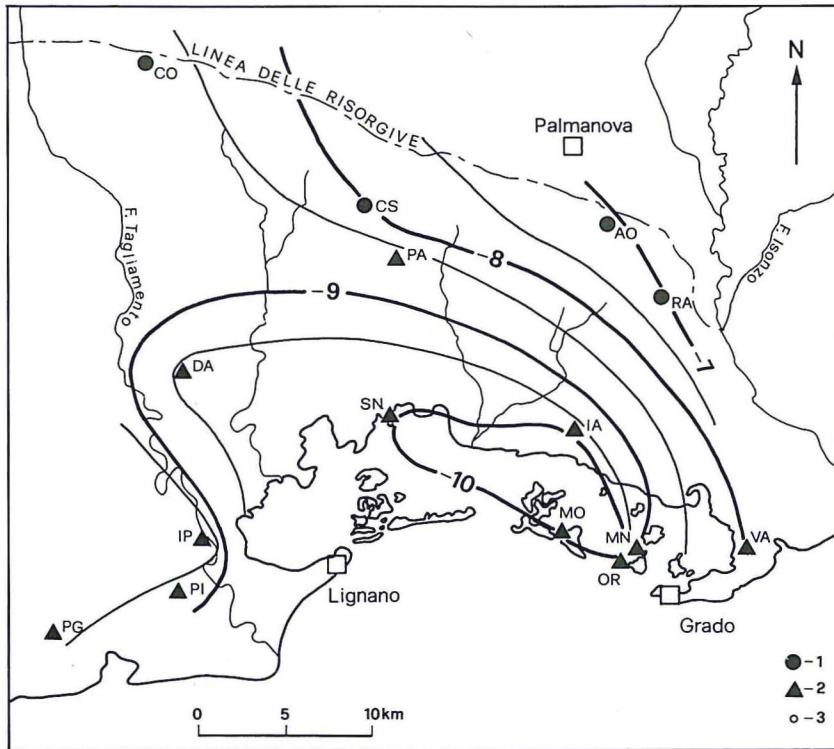


Fig. 4 - Distribuzione del  $\delta^{18}\text{O}$  (0/00 vs. SMOW) nell'area di studio.

dovrebbero differire di circa 1200 m, essendo quelle isotopicamente più leggere probabilmente riferibili a quote di circa 1500 m (DELLA VEDOVA *et al.*, 1987). I dati isotopici indicano, pertanto, la presenza di circolazioni idriche a carattere regionale, che si sviluppano a partire dalle Prealpi e/o Alpi e giungono sino al mare.

La composizione chimica delle acque è caratterizzata dalla prevalenza dello ione  $\text{HCO}_3$  fra gli anioni. Lo ione Cl, che è generalmente presente nell'ordine di pochi mg/l, raggiunge significative concentrazioni solo nelle acque dei pozzi S.P. D'Orio e Isola Picchi. Il  $\text{SO}_4$  presente nelle risorgive e nelle acque del fiume Tagliamento si riduce a quantità insignificanti nei pozzi e risulta praticamente assente nelle aree costiere.

I rapporti percentuali fra i cationi (fig. 5) evidenziano un progressivo arricchimento in Na delle acque sotterranee che evolvono da termini Ca- $\text{HCO}_3$ , (risorgive e pozzi Ra, Ao, Mn, Sn), a termini decisamente Na- $\text{HCO}_3$  in cui i due ioni si trovano praticamente in rapporto stechiometrico.



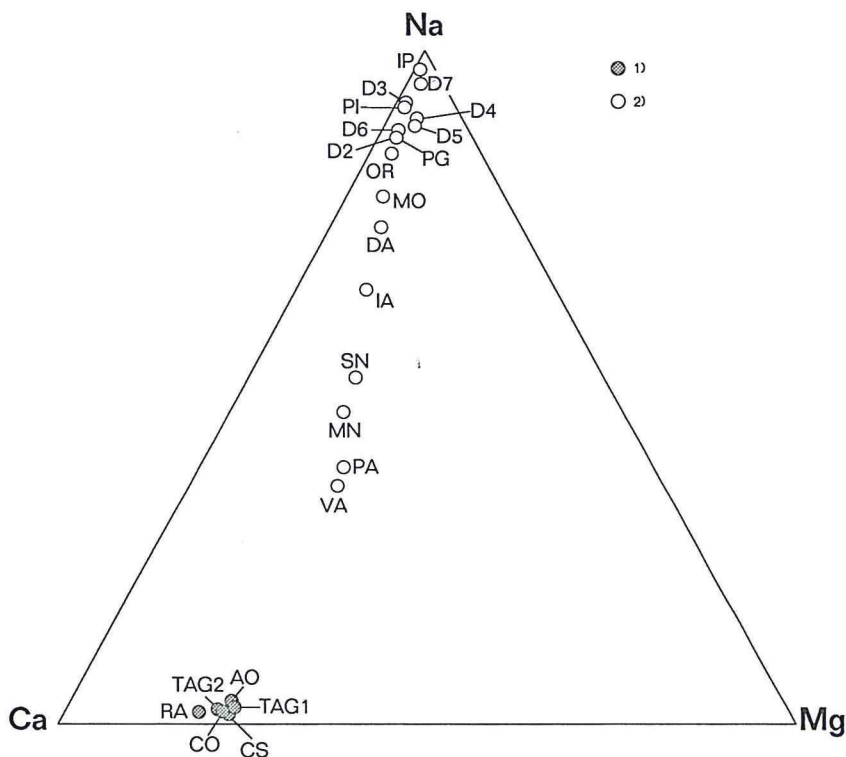


Fig. 5 - Diagramma triangolare Ca-Mg-Na per i vari punti d'acqua. 1) risorgive e F. Tagliamento, 2) pozzi. Per le sigle vedi tabella 1 a, b.

Lo ione  $\text{HCO}_3$  della maggior parte dei pozzi non sembra derivare da dissoluzione di calcite (fig. 6). Le acque delle risorgive e del F. Tagliamento cadono lungo la retta di elettroneutralità  $2[\text{Ca}^{2+}] = [\text{HCO}_3^-]$  e risultano praticamente saturate rispetto alla calcite per  $P_{\text{CO}_2} = 10^{-2}$  atm, in accordo, cioè, con l'origine superficiale e/o freatica delle acque stesse. I punti rappresentativi dei pozzi, invece, si discostano progressivamente dalla retta di elettroneutralità con contenuti di  $\text{HCO}_3$  e Ca inversamente correlabili o addirittura indipendenti, come nel caso del gruppo di pozzi della foce del Tagliamento. Il contenuto in  $\text{HCO}_3$  nelle acque deriva probabilmente da processi ossidoriduttivi, di natura prevalentemente biologica, a carico della materia organica presente nei depositi clastici della pianura friulana (STEFANINI, 1969; STEFANINI, 1980).

Il possibile andamento evolutivo dei fluidi è evidenziato in figura 7, nella quale la concentrazione in Ca delle acque è riportata in funzione

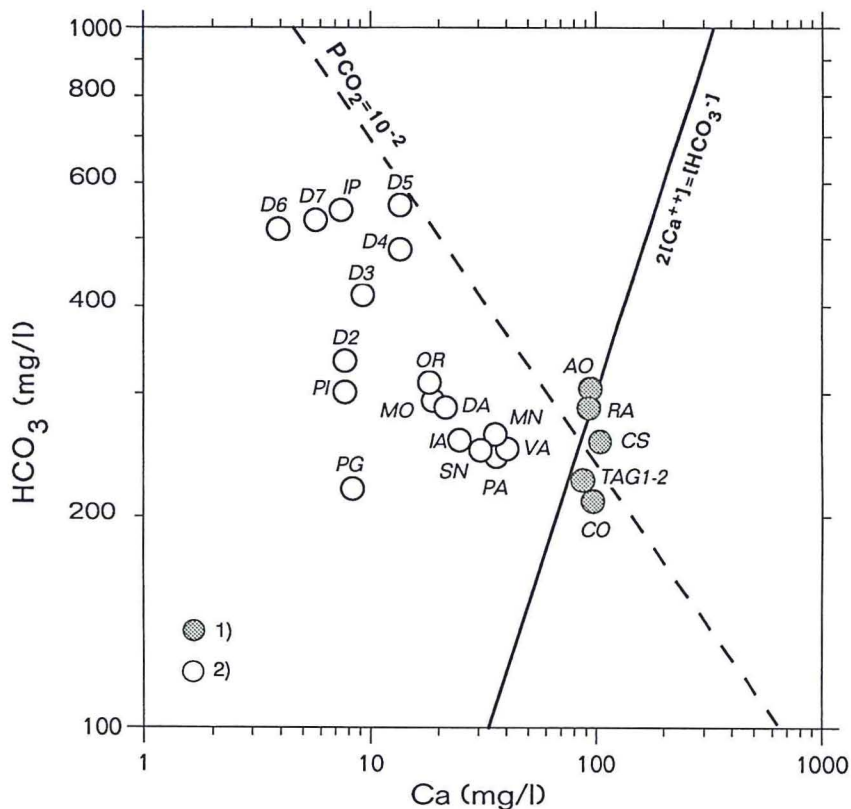


Fig. 6 - HCO<sub>3</sub> in funzione del Ca per le acque della bassa pianura friuliana. 1) risorgive e F. Tagliamento, 2) pozzi. Per le sigle vedi tabella 1 a, b.

del Na, con simboli di dimensione proporzionale alla salinità totale. La maggior parte delle acque da noi campionate si dispone lungo una curva che sembra avere origine in corrispondenza delle risorgive-F. Tagliamento e procedere, con rapida perdita di Ca e generale diminuzione del contenuto in isotopi stabili (tab. 1a), verso acque via via più ricche in Na, relativamente più saline e più calde (tabb. 1a, b), sempre più simili cioè a quelle della foce del Tagliamento.

Le acque di questa zona, costituiscono infatti un gruppo a parte, caratterizzato da bassa concentrazione in Ca, che rimane praticamente costante al variare del contenuto in Na e della salinità totale. Entrambi i gruppi di acque sembrano poi tendere verso il punto rappresentativo del pozzo Isola Picchi, che potrebbe costituire il fluido più evoluto nell'area indagata.

A nostro avviso però, questo pozzo, che è l'unico ad avere significativi contenuti in Na e Cl, piuttosto che rappresentare un termine matu-

ro, potrebbe essere inquinato da acqua salmastra. Acqua salmastra è segnalata in zona a circa -600 m da p.c. (AGIP, 1972), ad una profondità cioè prossima a quella di fondo pozzo (570 m). L'ipotesi di un parziale inquinamento del pozzo Isola Picchi è avvalorata dal fatto che, sottraendo dalle acque erogate il contributo bilanciato in Na-Cl, si ottengono acque simili a quelle del pozzo D6, che con ogni probabilità rappresenta uno dei termini più maturi della zona in esame.

L'evoluzione chimica delle acque in questione è probabilmente il risultato di una serie di processi fra i quali reazioni redox a carico della materia organica e del solfato disciolto con produzione, fra l'altro, di  $H_2S$  e  $CH_4$ , reazioni di idrolisi e di scambio ionico e neoformazione di minerali (GORGONI *et al.*, 1987).

Alla riduzione batterica dello ione  $SO_4$  e alla conseguente ossidazio-

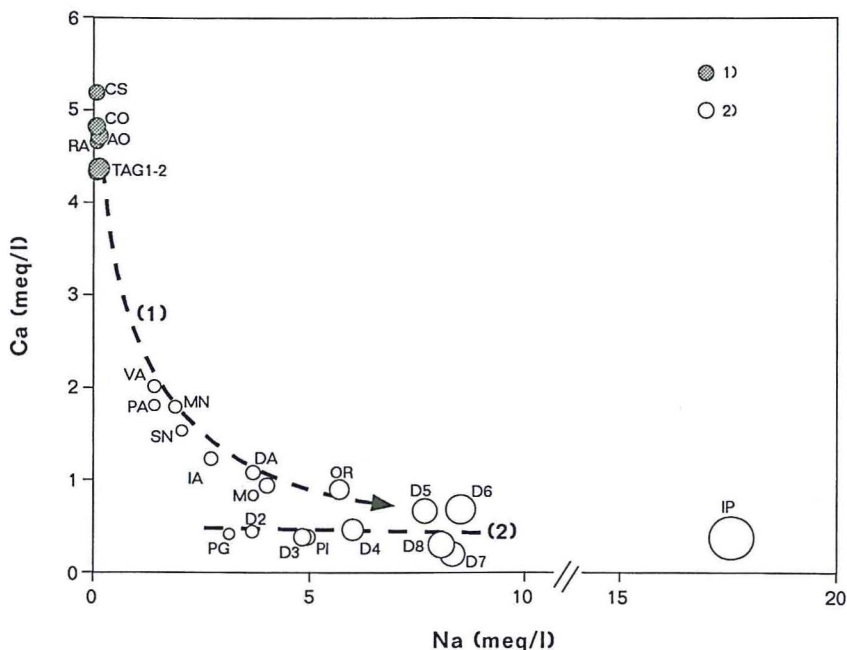


Fig. 7 - Ca in funzione del Na per le acque della bassa pianura friuliana. 1) risorgive e F. Tagliamento, 2) pozzi. Il diametro del simbolo è proporzionale alla salinità totale. Per le sigle vedi tabella 1 a, b.

ne della materia organica si associerebbe un aumento dell'alcalinità. Date le condizioni di saturazione rispetto alla calcite (fig. 6) per le

risorgive e per un certo numero di punti d'acqua la produzione di carbonato potrebbe portare ad una precipitazione di calcite (e di dolomite), peraltro favorita dall'aumento di temperatura, che rimuoverebbe Ca e Mg dal fluido e indurrebbe una iniziale, parziale diminuzione della salinità delle acque.

A tale processo, che sembra predominare nella prima fase di maturazione delle acque, segue un arricchimento in Na a cui, dopo una fase intermedia senza apprezzabile variazione della salinità totale, corrisponde un progressivo aumento del TDS. L'arricchimento in Na potrebbe essere imputato a processi di scambio ionico e all'idrolisi di feldspati, processi entrambi favoriti dall'aumento della temperatura delle acque.

L'aumento della temperatura delle acque può essere determinato dal possibile approfondimento della circolazione idrica e dall'avvicinarsi delle acque sotterranee alla costa dove, in relazione alla presenza della struttura carbonatica sollevata, esistono situazioni favorevoli al riscaldamento per conduzione degli acquiferi miocenici e quaternari (BELLANI *et al.*, 1994). Non solo la temperatura potrebbe influire sulla solubilizzazione del Na, ma anche i tempi di circolazione sembrano giocare un ruolo fondamentale in tale processo (fig. 8).

Le acque dei pozzi della foce del Tagliamento, in cui l'arricchimento in Na si verifica a contenuto di Ca praticamente costante (fig. 7), potrebbero rappresentare la fase finale di un processo di maturazione analogo a quello descritto in precedenza, che prende origine da circolazioni sotterranee, forse alimentate nella parte alta della pianura, dalle stesse acque del F. Tagliamento. Questa ipotesi trova ragione nella similitudine dei contenuti in  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  di queste acque (tab. 1a). L'eventuale locale maturazione dei fluidi nella zona della Foce del Tagliamento interesserebbe acque già piuttosto evolute, quali quelle del pozzo Pacchiega, caratterizzate da bassa salinità, bassa concentrazione in Ca e prive di tritio (tab. 1a). Non può essere comunque escluso che in quest'area si verificano anche locali fenomeni di miscelamento fra acque a diverso grado di evoluzione.

#### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sebbene i dati raccolti siano insufficienti a caratterizzare in maniera esauriente la circolazione idrica sotterranea della bassa pianura friulana, essi, tuttavia, suggeriscono un primo possibile modello di circolazione dei fluidi. In questo modello, rappresentato in figura 9, viene ipo-

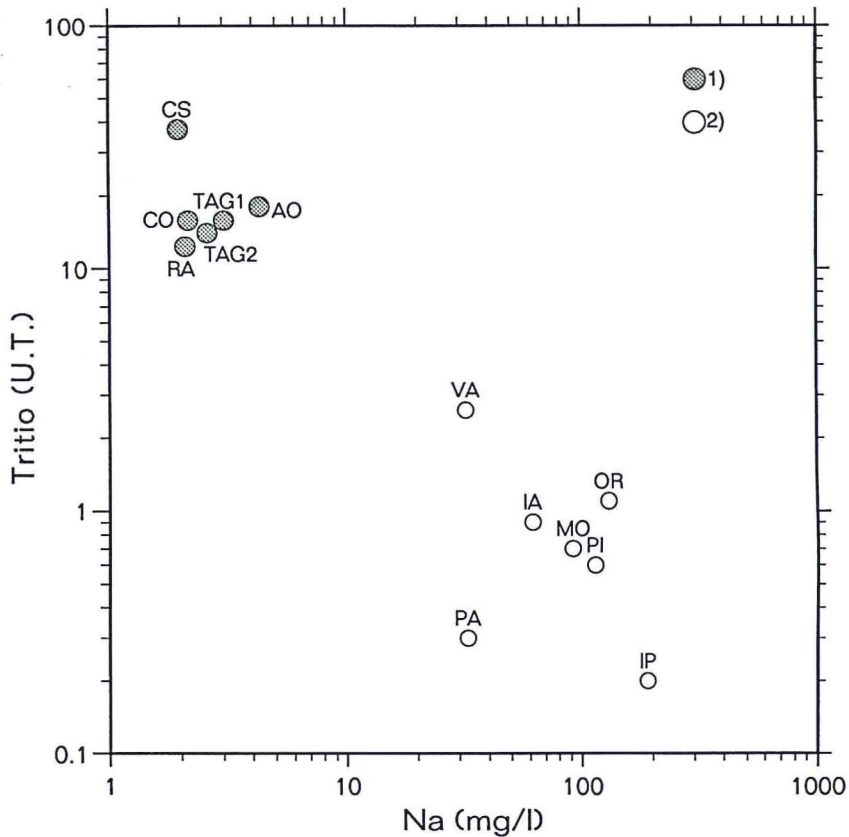


Fig. 8 - Tritio in funzione del Na pre le acque della bassa pianura friuliana. L'errore analitico per il tritio è  $\pm 1$  U.T. 1) risorgive e F. Tagliamento, 2) pozzi. Per le sigle vedi tabella 1 a.

tizzato un acquifero confinato verso la superficie e sovrapposto ad un substrato impermeabile. Questa ipotesi può ritenersi plausibile, in considerazione del fatto che i vari livelli acquiferi della bassa pianura friulana potrebbero comunicare fra loro attraverso orizzonti semiconfinanti.

Le precipitazioni meteoriche relative alle località alpine e/o perialpine si infiltrano in formazioni permeabili interconnesse con i depositi della alta pianura friulana, o percolano in essi quando fiumi e torrenti montani sfociano nella pianura stessa. In genere, quanto più elevata è l'area di ricarica tanto maggiori sono la profondità e la lunghezza del circuito e tanto maggiore dovrebbe essere anche il carico salino acquisito dalle acque.

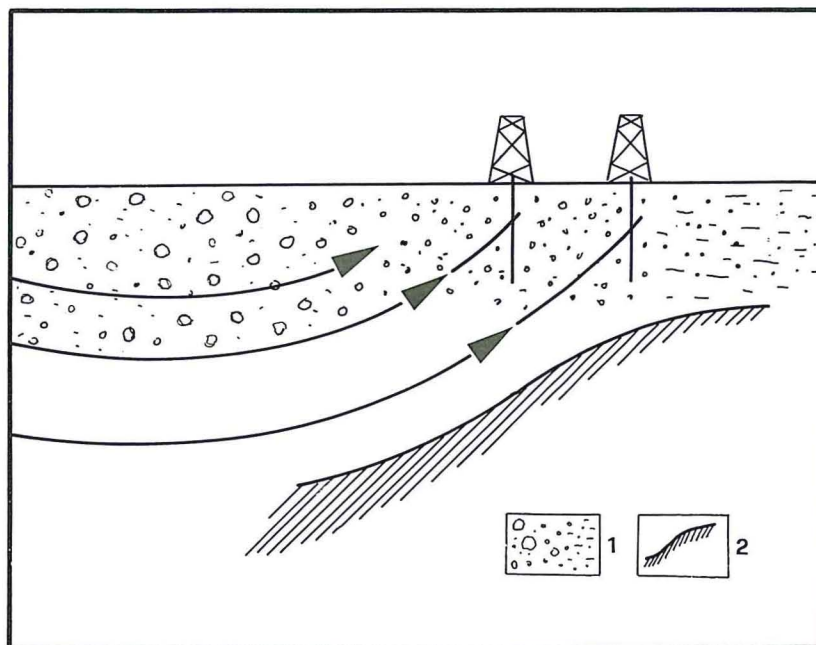


Fig. 9 - Modello di circolazione per le acque sotterranee della bassa pianura friuliana. 1) depositi di pianura, 2) substrato impermeabile.

Fluidi originariamente di tipo  $\text{Ca-HCO}_3$ , una volta che abbiano raggiunto condizioni di saturazione rispetto alla calcite, anche in relazione all'aumento della temperatura dovuto all'approfondimento dei circuiti, potrebbero neutralizzare il progressivo apporto di  $\text{HCO}_3$ , di probabile origine biogenica, acquisendo Na. L'aumento di temperatura favorirebbe il rilascio di Na attraverso sia processi di scambio ionico che di idrolisi di feldspati.

A causa della riduzione di trasmissività del complesso acquifero procedendo verso la costa, dovuta al sollevamento del substrato impermeabile e alla generale riduzione delle granulometrie degli orizzonti acquiferi, le acque a circolazione profonda dovrebbero progressivamente risalire muovendosi verso il litorale. È in questa zona, infatti, che le acque presentano maggiori concentrazioni in  $\text{Na-HCO}_3$  e sono isotopicamente più leggere.

Analisi chimiche di dettaglio ed analisi isotopiche anche del carbonio e dello zolfo nelle specie disciolte, da effettuarsi su di un numero più elevato e statisticamente significativo di pozzi, potranno meglio

definire sia i processi che influenzano le caratteristiche chimiche delle acque stesse, sia il loro possibile schema di circolazione nella bassa pianura friulana.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGIP (1972) - Acque dolci sotterranee.
- BARNABA P.F. (1990) - Considerazioni geologiche sul sottosuolo e sulle risorse idrotermali della zona di Latisana-foce del Tagliamento (province di Udine e Venezia). *Mem. Sci. Geol.*, **19**, 343-359.
- CASERO P., RIGAMONTI A. IOCCA M. (1990) - Paleogeographic relationship during Cretaceous between the Northern Adriatic area and the Eastern Southern Alps. *Mem. Soc. Geol. It.*, **45**, 807-914.
- CATI A., FICHERA R., CAPPELLI V. (1987 a) - Northeastern Italy. Integrate processing of geophysical and geological data. *Mem. Soc. Geol. It.*, **40**, 273-288.
- CATI A., SARTORIO D., VENTURINI S. (1987 b) - Carbonate platforms in the subsurface of the Northern Adriatic Sea. *Mem. Soc. Geol. It.*, **40**, 295-308.
- DAL PRA A., STELLA L. (1978) - Primo contributo alla conoscenza del termalismo idrico del sottosuolo della bassa pianura veneto-friulana, alle foci del fiume Tagliamento. *Quad. Ist. Ric. sulle Acque*, Roma, **34** (15), 388-401.
- DELLA VEDOVA B., LONGINELLI A., MARSON I., PALMIERI F. (1987) - Il termalismo artesiano della fascia litorale veneto-friulana: stato di avanzamento. Atti VI° Congresso Nazionale Ordine Geologi, Venezia, 391-395.
- ERIKSSON E., (1933) - Stable isotopes and tritium in precipitation. Guidebook on nuclear techniques in hydrology. *IAEA technical reports*, series **91**, 19-33.
- FRISONI I. (1985) - Acque Termali nella bassa friulana - I°. *La bassa*, **10**, 111-116
- GORGONI C., SIGHINOLFI G.P., BONORI O. (1987) - Le acque termali iperalcaline: origine ed evoluzione. *CNR P.F.E. Sotto Progetto Energia Geotermica*, **S15**, 439-459.
- STEFANINI S. (1969) - Distribuzione del carbonio e dell'azoto organici nei sedimenti recenti dell'adriatico settentrionale tra venezia e Trieste. Pubbl. n° 10 Museo friulano St. naturale, Udine.
- STEFANINI S., CUCCHI F. (1976) - Gli acquiferi nel sottosuolo nella provincia di Gorizia (Friuli Venezia-Giulia). *Quad. Ist. Ric. sulle Acque*, Roma **28** (13), 351-366.
- STEFANINI S., CUCCHI F. (1977 a) - Le ghiaie nel sottosuolo della pianura veneta ad oriente del fiume Piave. *Quad. Ist. Ric. sulle Acque*, Roma, **34** (3), 67-79.
- STEFANINI S., CUCCHI F. (1977 b) - Gli acquiferi nel sottosuolo della provincia di Udine (Friuli Venezia-Giulia). *Quad. Ist. Ric. sulle Acque*, Roma, **34** (6), 131-147.
- STEFANINI S., (1980) - Il termalismo delle acque artesiane nelle lagune di Marano e Grado e nelle aree adiacenti. *Rassegna Tecnica Friuli Venezia Giulia*, **5**, 19-24.

(ms. pres. il 26 maggio 1994; ult. bozze il 27 febbraio 1995)