

GORTANIA - Atti Museo Friul. Storia Nat.	11('89)	39-62	Udine, 30.VI.1990	ISSN: 0391-5859
------------------------------------------	---------	-------	-------------------	-----------------

F. GIORGETTI, S. STEFANINI

COMPOSIZIONE E PROVENIENZA DELLE ACQUE
DI RISORGIVA DEL CAMPO DI OSOPPO-GEMONA
E DELLA PIANA DI ARTEGNA-BUIA
(PROVINCIA DI UDINE)*

*COMPOSITION AND SOURCE OF WATERS OF THE PLAIN SPRINGS
OF OSOPPO-GEMONA AND ARTEGNA-BUIA PLAINS
(UDINE, NORTHEASTERN ITALY)*

Riassunto breve — Sulla base della composizione chimica delle acque delle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona (Udine) sono state definite, durante la fase di magra e di piena della falda freatica, quelle soggette alle dispersioni laterali del F. Tagliamento e quelle connesse con gli apporti derivanti dai torrenti nord-orientali (T. Vegliato, R. Grideule, R. Glemine). Tale distinzione è basata sulla maggior o minor quantità nelle acque di ioni solfato e Sr che sono i traccianti naturali caratteristici del F. Tagliamento e quindi delle sue dispersioni. Per le risorgive della Piana di Artegna-Buia non è possibile invece alcuna differenziazione in quanto la composizione delle acque risulta fortemente alterata per fenomeni di contaminazione esterna della falda freatica. Sono stati quindi evidenziati fenomeni temporanei o permanenti di inquinamento che tuttavia non sono tali, tranne in due casi, da compromettere gravemente la qualità delle acque che risultano entro i limiti di potabilità dell'O.M.S.

Parole chiave: Idrochimica, Risorgive, Friuli, Italia nord-orientale.

Abstract — *On the basis of the chemical composition of the waters of the plain springs of the Osoppo-Gemona Plain (Friuli, Northeastern Italy), during the low and the high period of phreatic water, it was established which plain springs derive from the Tagliamento River dispersions and which ones are connected with dispersions from northeastern water courses (Vegliato R., Grideule R., Glemine R.). Such a distinction is based on the amount of SO₄ and Sr in the waters which are the tracing elements of the Tagliamento R. and therefore of its infiltrations. On the contrary, any distinction between the plain springs of Artegna-Buia*

* Studio eseguito nell'ambito del programma di ricerche "Vulnerabilità degli Acquiferi di Zone ad Alto Rischio" (VAZAR) del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (C.N.R.); Unità Operativa - 4.7 - Pubblicazione n. 244.

Plain is not possible due to phreatic water pollution which alters considerably the natural composition of the waters. Pollution phenomena of a transitory or permanent nature were found which, however, are not serious enough, except for two exceptions, to compromise the quality of the waters which result within the O.M.S. limits of drinkable waters.

Key words: Hydrochemistry, Plain springs, Friuli, Northeastern Italy.

Introduzione

La pianura della Regione Friuli-Venezia Giulia che si estende a Nord dell'anfiteatro morenico del Tagliamento fino ai rilievi delle Prealpi Carniche e Giulie (fig. 1) è costituita da due unità idrogeologiche: il Campo di Osoppo-Gemona e la Piana di Artegna-Buia. Esse sono geograficamente separate dal tratto iniziale del F. Ledra che si snoda dalle sue sorgenti, costituite da risorgive, fino alla base dei rilievi di Buia.

Tali aree, ma soprattutto il Campo di Osoppo-Gemona, sono state oggetto di numerosi studi idrogeologici volti alla definizione:

- della litologia superficiale;
- delle caratteristiche litologiche degli acquiferi;
- delle modalità di circolazione delle acque sotterranee e della loro provenienza;
- della velocità di circolazione delle acque freatiche e della loro composizione chimica.

I risultati ottenuti sono riportati in una nutrita serie di pubblicazioni (FERUGLIO, 1929; SALVINI, 1938; MORELLI & MOSETTI, 1955; BRAMBATI et al., 1976; STEFANINI & CATANI, 1977; BROILI et al., 1980; OSSERVATORIO GEOFISICO SPERIMENTALE et al., 1981; MOSETTI, 1983; STEFANINI & GIORGETTI, 1985; STEFANINI, 1987; GIORGETTI & STEFANINI, 1989) e di rapporti tecnici (inediti) effettuati dai Comuni per la ricostruzione dopo i terremoti distruttivi del 1976.

L'interesse particolare che rivestono il Campo di Osoppo-Gemona e la Piana di Artegna-Buia risiede nel fatto che lungo la loro zona di contatto sono ubicate, in località Molin del Bosso⁽¹⁾, le prese di un importante acquedotto (Consorzio Acquedotto del Friuli Centrale; fig. 1) che serve direttamente circa 50.000 utenze per un totale di circa 200.000 abitanti residenti.

Esso è poi collegato ad una rete più vasta di distribuzione, alimentata da fonti diverse (sorgenti, pozzi), che attualmente serve 80.000 utenze per una popolazione residente di circa 300.000 unità.

(1) Data la scala delle figg. 1 e 2, non sono riportati i nomi dei corsi d'acqua e delle località minori.

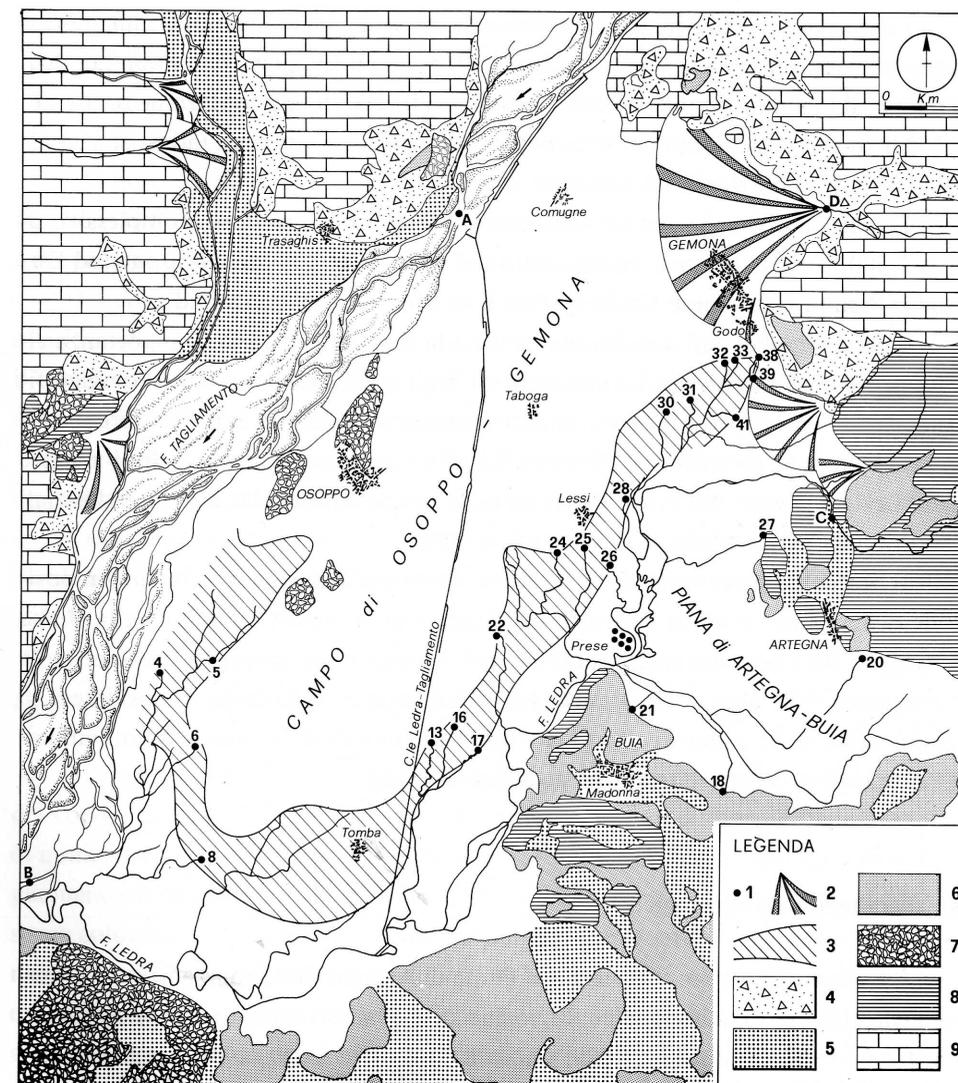


Fig. 1 - Il Campo di Osoppo-Gemona e la Piana di Artegna-Buia.

- 1) Ubicazione dei campioni; 2) conoide alluvionale; 3) fascia di migrazione delle risorgive durante le fluttuazioni freatiche; 4) detrito di falda ed accumuli di frana; 5) alluvioni recenti ed attuali; 6) depositi morenici; 7) conglomerati ed arenarie debolmente cementate; 8) flysch s.s., flysch calcareo, molasse; 9) rocce carbonatiche.
- *Osoppo-Gemona and Artegna-Buia Plains.*
- 1) Sample location; 2) alluvial fan; 3) migration band of the plain springs during phreatic fluctuation; 4) talus heap and landslide debris heap; 5) recent and actual alluvium; 6) moraine deposit; 7) weakly cemented conglomerate and sandstone; 8) flysch s.s., calcareous flysch, molasse; 9) carbonate rock.

Le opere di captazione del Consorzio hanno la capacità di garantire una portata complessiva continua di 3,5 m³/s (di cui 1,8 m³/s dai soli pozzi del Molin del Bosso), pari ad una dotazione di 350 litri/abitante/giorno per la popolazione residente, di 150 litri/abitante/giorno per la popolazione fluttuante, presenze industriali ed artigianali, e di 80 litri/giorno per ogni capo bovino.

La rete di distribuzione consorziale si estende su un territorio complessivo di circa 2.500 Km², dal Fiume Tagliamento (ad Ovest) alle valli del Natisone (ad Est) e dalle Prealpi Carniche e Giulie (a Nord) al Mare Adriatico (a Sud).

Questi semplici dati dimostrano in tutta la loro evidenza quale importanza rivesta per le aree considerate la prosecuzione degli studi a carattere idrogeologico finalizzati ad una sempre più approfondita conoscenza della provenienza e circolazione delle acque sotterranee, nell'eventualità di un loro inquinamento che è sempre possibile data la notevole antropizzazione della zona e le molteplici attività industriali e zootecniche (GIORGETTI & STEFANINI, 1989).

Il presente lavoro metterà in evidenza, in base alle caratteristiche di composizione delle acque, come le risorgive del Campo di Osoppo-Gemona e della Piana di Artegna-Buia possano essere suddivise nettamente in più gruppi in funzione della provenienza delle acque sotterranee che le alimentano. Esso inoltre considererà la qualità stessa delle acque di risorgiva sottolineando alcuni fenomeni di contaminazione esterna a carattere temporaneo e permanente.

Inquadramento idrogeologico

Il Campo di Osoppo-Gemona e la Piana di Artegna-Buia sono costituiti essenzialmente da depositi alluvionali e fluvio-glaciali che hanno colmato un antico bacino lacustre bilobato (FERUGLIO, 1929; GIORGETTI & STEFANINI, 1989) formatosi durante il ritiro dei ghiacciai würmiani del sistema Tagliamento-Fella.

La parte centro-settentrionale dell'antica depressione ed il suo lobo occidentale corrispondono attualmente al Campo di Osoppo-Gemona, il lobo orientale corrisponde invece alla Piana di Artegna-Buia (fig. 1).

L'intero bacino era sbarrato a valle dalle tre cerchie moreniche dell'anfiteatro del Tagliamento e limitato ad Ovest e ad Est rispettivamente dai rilievi delle Prealpi Carniche e Giulie la cui zona di separazione è costituita dal corso del F. Tagliamento.

Durante il riempimento della depressione corrispondente all'attuale Campo di

Osoppo-Gemona, avvenuto secondo una direzione prevalente da Nord a Sud ad opera dei materiali trasportati soprattutto dal F. Tagliamento, si è verificato il normale processo di gradazione longitudinale dei depositi che si presentano grossolani a monte (per lo più ghiaie e sabbie) e via via sempre più fini a valle (sabbie e limi od argille).

Al processo di riempimento ha anche contribuito il T. Vegliato mediante la costruzione dell'imponente conoide di deiezione sulla quale è posta Gemona che è avanzata progressivamente verso l'asse meridiano della depressione.

La colmazione del lobo orientale della originaria depressione, corrispondente alla Piana di Artegna-Buia, è avvenuta in maniera analoga ma, in questo caso, con il contributo dei materiali trasportati dal T. Orvenco e dagli altri corsi minori provenienti dai rilievi flyschoidi sovrastanti Artegna.

Per la generale buona permeabilità dei depositi, il Campo di Osoppo e Gemona ospita una unica falda freatica (fig. 2) che nella Piana di Artegna-Buia ed a ridosso dei rilievi morenici si trasforma in artesiane (anche se debolmente) a causa di una sottile copertura superficiale impermeabile di argille e limi (GIORGETTI & STEFANINI, 1989).

La falda e le risorgive del Campo di Osoppo-Gemona

Il Campo di Osoppo-Gemona, cioè la parte di pianura che si estende a Nord del corso del F. Ledra, è caratterizzata nella sua parte meridionale dalla presenza di numerose risorgive (linea delle risorgive) fluttuanti a seconda dello stato di impingimento della falda (fig. 2). La zona di migrazione forma una fascia che si estende senza soluzione di continuità dai Colli di Osoppo fino a circa 1 Km a Sud di Gemona; essa corre per un buon tratto parallela al bordo interno dell'anfiteatro morenico e dopo aver aggirato la zona sorgentifera del F. Ledra termina, in forma di uncino, ai piedi della conoide del R. Petri.

Da questa serie di affioramenti, che costituiscono la vera e propria "linea delle risorgive" del Campo di Osoppo-Gemona, si alimentano numerosi corsi superficiali i più importanti dei quali sono lo stesso F. Ledra, il R. Gelato, il R. Tagliamentuzzo, ecc. (fig. 2).

Le concause che determinano le risorgive del Campo di Osoppo-Gemona sono tutte legate a fattori che impediscono la libera circolazione delle acque sotterranee e provocano un loro rigurgito a monte con conseguente emersione (STEFANINI & CATANI, 1977).

Esse possono essere così riassunte:

- la morfologia a cucchiaio del substrato roccioso, forse derivante dal modellamento glaciale, che nella parte meridionale di pianura è costituito oltretutto da rocce poco permeabili od impermeabili (conglomerati e flysch; GIORGETTI & STEFANINI, 1989). Queste ultime affiorano lungo le cerchie moreniche costituendo in parte i rilievi del M. di Ragogna, di Susans, di Buia, di Bueriis e di Collerumiz;
- la presenza nel sottosuolo della parte basale delle cerchie moreniche, costituite da materiali poco permeabili od impermeabili, che blocca parzialmente o totalmente la circolazione delle acque sotterranee anche in corrispondenza dei possibili varchi offerti dalle incisioni del substrato roccioso;
- la diminuzione progressiva da monte a valle della permeabilità delle alluvioni della pianura dovuta alla già accennata gradazione longitudinale dei depositi.

Per quanto riguarda la provenienza delle acque freatiche del Campo di Osoppo-Gemona, numerosi studi (BRAMBATI et al., 1976; STEFANINI & CATANI, 1977; BROILI et al., 1980; STEFANINI, 1987; GIORGETTI & STEFANINI, 1989) hanno messo in evidenza che, oltre alle infiltrazioni efficaci, notevoli apporti derivano (fig. 2)⁽²⁾:

- dalle dispersioni laterali, in sinistra, del F. Tagliamento nel tratto compreso dal suo sbocco in pianura (Ospedaletto) fin quasi al Colle di Osoppo ed in corrispondenza del varco fra questo ed il Colle di S. Rocco;
- dalle infiltrazioni dei corsi d'acqua orientali (T. Vegliato, R. Grideule, R. Glemine);
- dai contributi profondi dei rilievi carbonatici che circondano la pianura in maniera completa sul lato occidentale e per circa la metà su quello orientale e ne costituiscono il substrato nella parte centro-settentrionale. Gli apporti occidentali fluiscono nella pianura passando al di sotto delle acque di sub-alveo del F. Tagliamento (STEFANINI, 1987).

Lo scorrimento delle acque sotterranee superficiali presenta generalmente una direzione meridiana o NE-SO, mentre nella parte più orientale di pianura, a causa dei contributi provenienti dai corsi superficiali, essa è decisamente NE-SO.

Da quanto detto risulta quindi che il Campo di Osoppo-Gemona, se non si considerano le precipitazioni efficaci e gli apporti profondi dai massicci carbonatici, ri-

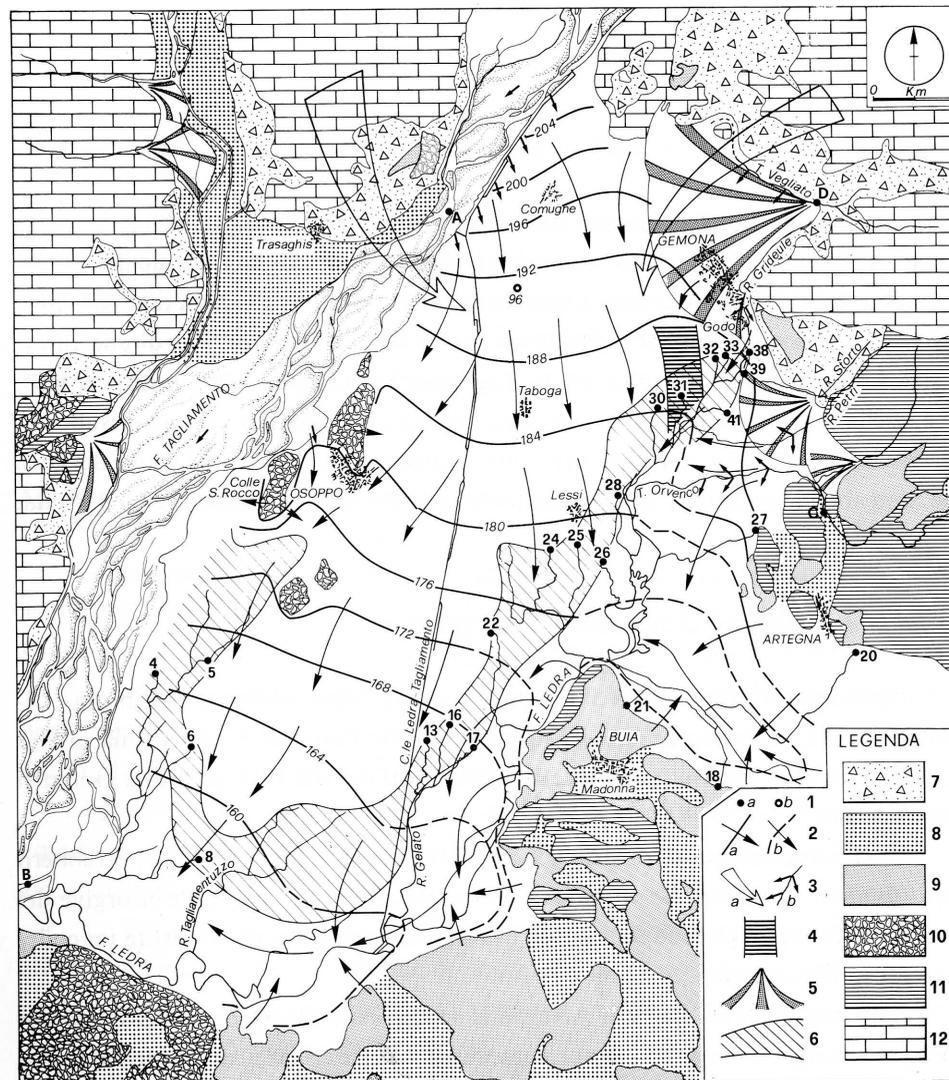


Fig. 2 - Il Campo di Osoppo-Gemona e la Piana di Artegna-Buia.

1a) Ubicazione dei campioni; 1b) pozzo di riferimento dei livelli freatici; 2a) isofreatica e direzione della circolazione; 2b) isopiezia e direzione della circolazione; 3a) ingressioni di acque profonde dai massicci carbonatici; 3b) tratti pendenti dei corsi d'acqua; 4) zona di contatto delle acque freatiche connesse con il F. Tagliamento con quelle di parziale derivazione nord-orientale; 5) conoide alluvionale; 6) fascia di migrazione delle risorgive durante le fluttuazioni freatiche; 7) detrito di falda ed accumuli di frana; 8) alluvioni recenti ed attuali; 9) depositi morenici; 10) conglomerati ed arenarie debolmente cementate; 11) flysch s.s., flysch calcareo, molasse; 12) rocce carbonatiche.

- *Osoppo-Gemona and Artegna-Buia Plains.*

1a) Sample location; 1b) datum-well for phreatic fluctuations; 2a) isophreatic line and groundwater flow; 2b) isopiestic line and groundwater flow; 3a) deep groundwater flow from carbonate massif; 3b) discharging water course; 4) connection zone between phreatic waters from Tagliamento R. and those from the North-East; 5) alluvial fan; 6) migration band of the plain springs during phreatic fluctuations; 7) talus heap and landslide debris heap; 8) recent and actual alluvium; 9) moraine deposit; 10) weakly cemented conglomerate and sandstone; 11) flysch s.s., calcareous flysch, molasse; 12) carbonate rock.

(2) In fig. 2 è rappresentata la situazione di massimo impingimento della falda freatica come riportato da GIORGETTI & STEFANINI, 1989. L'andamento delle isofreatiche per le altre condizioni della falda non si discosta molto da quello di fig. 2 per cui essa può costituire un buon esempio delle direzioni di circolazione delle acque sotterranee.

cade sotto l'influenza delle dispersioni del F. Tagliamento, di quelle del T. Vegliato e degli altri corsi d'acqua minori nord-orientali (R. Glemine, R. Grideule).

Queste relazioni sono state anche chiaramente dimostrate dalla composizione chimica delle acque freatiche (STEFANINI & CATANI, 1977) sulla base di una caratteristica propria delle acque fluviali del Tagliamento (e quindi delle sue dispersioni), cioè quella di possedere dei traccianti naturali. Essi sono lo ione solfato e, subordinatamente, lo Stronzio, ambedue derivanti essenzialmente dalla dissoluzione dei gessi che sono abbondantemente rappresentati solo nell'alto bacino di questo corso d'acqua.

La falda e le risorgive della Piana di Artegna-Buia

Oltre a quelle del Campo di Osoppo-Gemona, altre risorgive, per lo più effimere ed arealmente discontinue, si rinvergono nella Piana di Artegna-Buia, a Sud del F. Ledra (fig. 1). Esse sono localizzate ai piedi dei rilievi flyschoidi e morenici sud-orientali.

Anche se da un punto di vista geografico tali affioramenti d'acque potrebbero costituire una ideale, anche se parziale, prosecuzione della linea delle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona, dal punto di vista idrogeologico invece esiste un collegamento molto limitato.

Le risorgive della Piana di Artegna-Buia derivano infatti da falde diverse da quella del Campo di Osoppo-Gemona essendo connesse con le acque sotterranee alimentate dalle perdite dei torrenti provenienti dai rilievi flyschoidi e morenici sud-orientali (R. Storto, R. Petri, T. Orvenco, ecc.) che circolano rispettivamente da NE a SO e da SO a NE come dimostrano gli andamenti delle isofreatiche ed isopieze in fig. 2.

I motivi che determinano le emergenze nella Piana di Artegna-Buia sono essenzialmente legati alla presenza in quest'area di una coltre superficiale impermeabile argilloso-limosa potente qualche metro. Le risorgive costituiscono in questo caso i punti di sfogo del "troppo pieno" della falda artesianica sottostante, in analogia con quanto avviene per le sorgenti di trabocco.

Mentre, come detto, è sufficientemente nota per le acque sotterranee del Campo di Osoppo-Gemona e della Piana di Artegna-Buia la suddivisione delle aree soggette alle dispersioni del F. Tagliamento e del T. Vegliato e quelle influenzate dagli

apporti orientali provenienti dai rilievi flyschoidi e da quelli morenici, non altrettanto si può dire per quanto concerne le risorgive.

Le varie carte delle isofreatiche ed isopieze, ricostruite per diverse fasi di impinguamento della falda, lasciano infatti degli ampi margini di incertezza che verranno superati dal presente studio.

Metodologie d'indagine

Sono stati raccolti 36 campioni di acque di risorgiva nell'anno idrologico 1/10/1987 - 30/9/1988 durante due campagne (11-12/4/1988 e 9-10/6/1988) corrispondenti ad una fase di magra e di piena della falda freatica (DE FAVERI, 1988)⁽³⁾.

La duplice campionatura è stata effettuata sia per definire la provenienza delle acque emergenti in condizioni diverse della falda freatica, sia per operare dei confronti di composizione delle acque stesse.

La scelta dei periodi di campionatura è stata decisa dopo l'esame dei dati piezometrici di alcuni pozzi di controllo relativi ai 4 anni precedenti e dopo l'osservazione delle condizioni meteorologiche durante l'anno idrologico di indagine.

Lo stato di impinguamento della falda durante le campionature è stato successivamente verificato in base ai dati freaticometrici di un pozzo di riferimento (n. 96 in fig. 2) messi a disposizione dalla Direzione Regionale Ambiente della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia (fig. 3).

La fig. 3 mostra che i periodi delle campionature nell'anno idrologico considerato non corrispondono esattamente a quelli di massima piena e massima magra della falda ma ne sono sufficientemente vicini per essere rappresentativi.

Le oscillazioni freatiche registrate nello stesso pozzo per oltre un ventennio (dal 1967) rivelano poi che negli ultimi anni le variazioni dei livelli sono state relativamente scarse (fig. 4).

Sono stati infine raccolti campioni di acque correnti superficiali del F. Tagliamento, T. Vegliato e T. Orvenco, i maggiori corsi d'acqua alimentatori delle falde sotterranee, al fine di disporre di dati chimici di paragone.

Tutti i campioni sono stati analizzati per la determinazione sia dei costituenti

(3) Non sono state campionate durante la fase di magra della falda le risorgive corrispondenti ai punti di prelievo n. 39 e 41 in quanto completamente a secco.

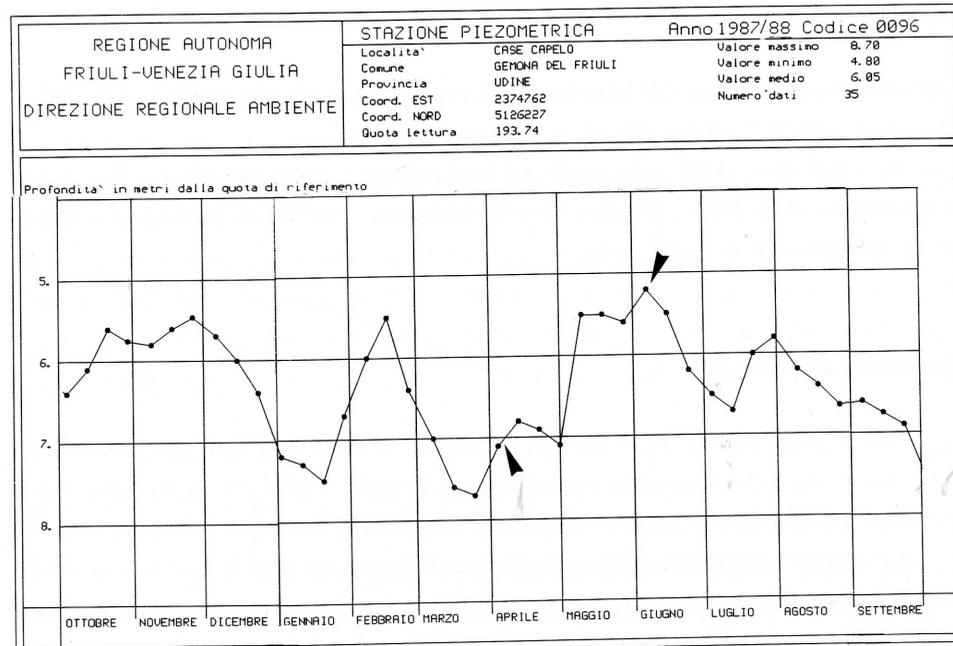


Fig. 3

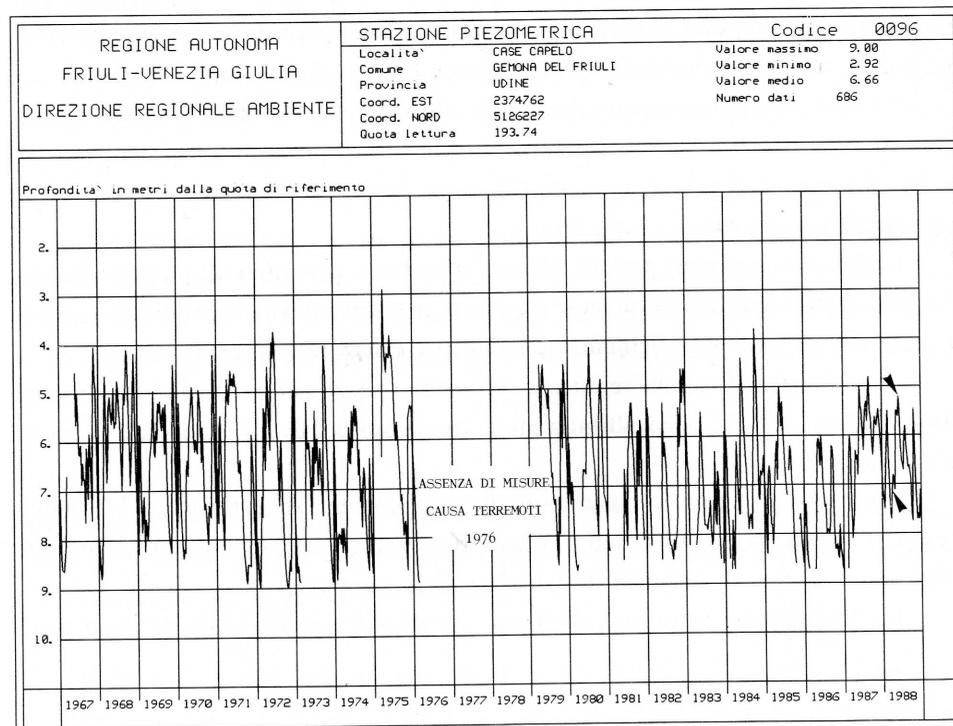


Fig. 4

maggiormente significativi per la definizione dell'area soggetta alle dispersioni del F. Tagliamento (ione solfato e Sr) sia di quelli indicativi di eventuali contaminazioni esterne delle acque (Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Cu).

I risultati delle analisi sono riportati in Appendice.

La quantità di ioni solfato è stata determinata mediante il metodo turbidimetrico con reagenti predosati (Sulfa Ver 4) della Hach Chemical Company; gli elementi sono stati invece determinati con spettrofotometro per AA Pye Unicam SP9-400 previa filtrazione attraverso membrane Millipore con pori di 0.45 microns.

I limiti di rilevabilità per gli elementi minori sono stati (mg/l): Cr-0.05; Fe-0.02; Ni-0.03; Cu-0.02; Zn-0.002; Cd-0.04; Pb-0.05.

Risultati

Ioni solfato

Le quantità di ioni solfato nelle acque di risorgiva sia durante la fase di piena che di magra della falda sono rappresentate in fig. 5a ove sull'asse delle ascisse sono riportate le sigle dei campioni, ordinati in una sequenza da Ovest ad Est per quelli relativi al Campo di Osoppo-Gemona ed in senso orario per quelli della Piana di Artegna-Buia.

I grafici della fig. 5a mostrano in maniera evidente come gli ioni solfato, dopo una certa costanza di valori tra 105-120 mg/l (camp. 4-17), diminuiscono gradualmente fino a 73 mg/l nel tratto compreso tra i camp. 17-30.

È presente successivamente un brusco flesso (camp. 31) in corrispondenza del quale le concentrazioni si riducono drasticamente fino a circa 20 mg/l per rimanere poi sempre basse (fra 20-30 mg/l) nei tratti finali dei grafici tra i camp. 32 e 41.

Fig. 3 - Andamento dei livelli freatici nel pozzo di riferimento (n. 96 in fig. 2) durante l'anno idrologico considerato (ottobre 1987-settembre 1988). Le frecce indicano i periodi delle campionature.

- Phreatic fluctuations in the datum well (n. 96, fig. 2) during the hydrological year studied (October 1987-September 1988). The arrows indicate the periods of sampling of the plain spring waters.

Fig. 4 - Andamento dei livelli freatici nel pozzo di riferimento (n. 96 in fig. 2) nel periodo 1967-1988. Le frecce indicano i periodi delle campionature.

- Phreatic fluctuations in the datum well (n. 96, fig. 2) during the period 1967-1988. The arrows indicate the periods of sampling of the plain spring waters.

Per quanto riguarda le acque di risorgiva della Piana di Artegna-Buia (a destra nella fig. 5), si può notare che anch'esse presentano scarse concentrazioni di ioni solfato che sono sempre inferiori a 36 mg/l.

In fig. 5a ed in quelle che seguiranno sono anche riportate come termine di paragone le concentrazioni di ioni solfato determinate nelle acque correnti superficiali del F. Tagliamento al suo sbocco in pianura (T), del T. Vegliato (V) e T. Orvenco (O) prelevate rispettivamente nei punti A, D, C delle figg. 1 e 2.

Ricordando, come detto, che gli ioni solfato in quantità elevate sono dei traccianti naturali delle sole acque del F. Tagliamento e quindi delle sue dispersioni laterali in falda, le cause che provocano gli andamenti delle concentrazioni rappresentate in fig. 5a risultano molteplici e possono essere così riassunte.

I tratti dei grafici con altri tenori di ioni solfato durante la fase di piena e di magra della falda (camp. 4-30) indicano in generale la parte della linea delle risorgive sicuramente connessa con le dispersioni di questo corso d'acqua (fig. 2). Nell'ambito di questi però si possono distinguere, come visto, una prima parte (camp. 4-17) con concentrazioni di SO_4 molto alte, praticamente costanti, e circa pari a quelle presenti nelle acque correnti superficiali del F. Tagliamento ed una seconda parte (camp. 17-30) con concentrazioni decrescenti.

Osservando in fig. 2 le direzioni della circolazione sotterranea si può notare come i tratti di risorgive con concentrazioni di SO_4 alte e costanti sono connessi a fonti di alimentazione ubicate in posizione diversa pur essendo sempre costituite dalle dispersioni del F. Tagliamento.

I camp. 4-6 corrispondono infatti alle emergenze delle dispersioni che passano attraverso il varco dei colli di Osoppo e S. Rocco o da quelle che provengono direttamente dal corso d'acqua che scorre nelle immediate vicinanze mentre il tratto di risorgive fra i camp. 8-17 riceve le dispersioni del F. Tagliamento provenienti da molto più lontano e più precisamente dall'altezza di Comugne.

Ecco quindi che nel primo caso le alte concentrazioni di SO_4 , pari o di poco inferiori a quelle delle acque correnti del F. Tagliamento, sono giustificabili con la vicinanza della fonte di alimentazione mentre nel secondo caso il fatto risulta sorprendente in quanto implica che nonostante il lungo percorso sotterraneo delle dispersioni tilaventine prima della risorgenza (5-7 km) non avviene una apprezzabile diluizione né ad opera delle infiltrazioni meteoriche efficaci né per quelle profonde derivanti dai massicci carbonatici settentrionali.

Ciò è in contrasto con quanto già osservato da STEFANINI & CATANI (1977)

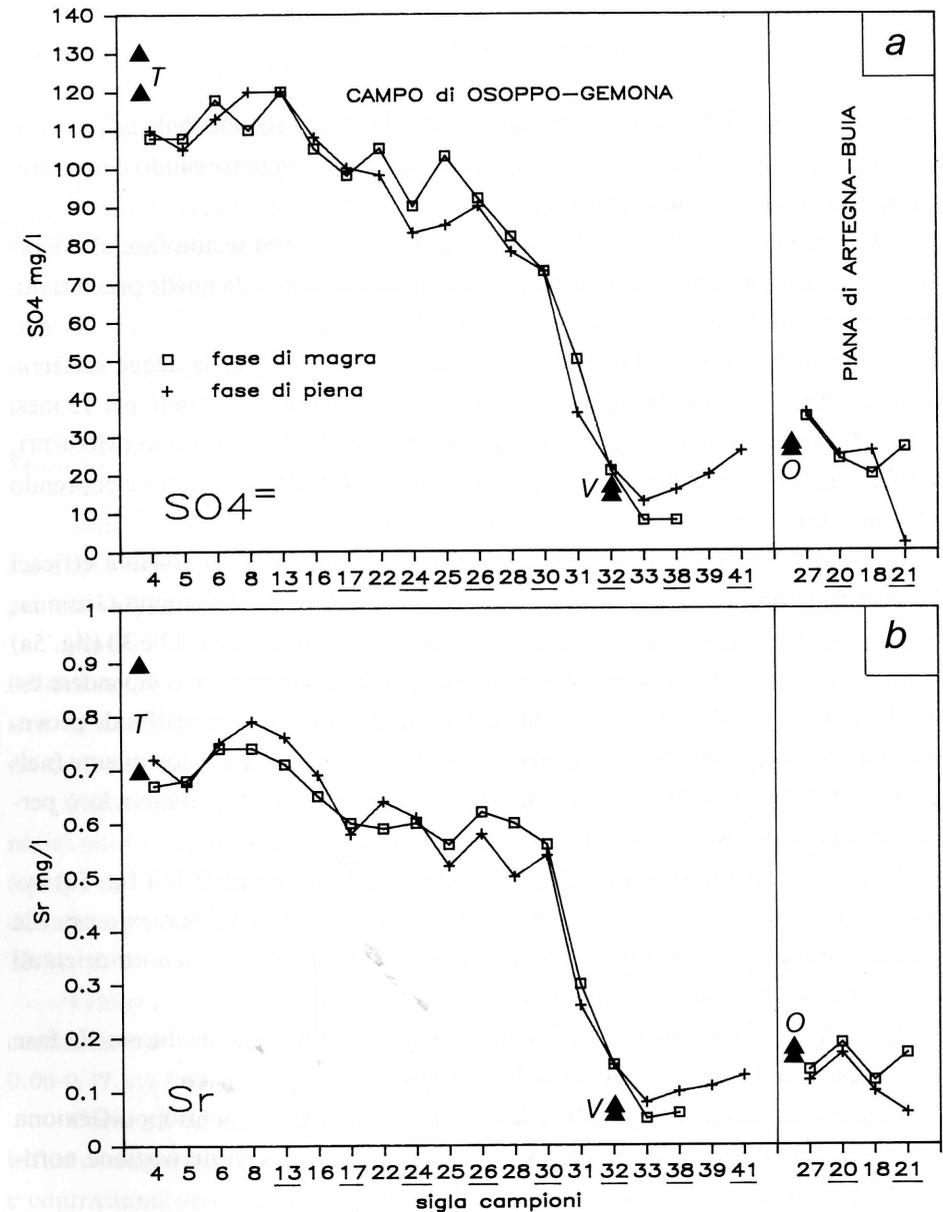


Fig. 5 - Variazioni delle concentrazioni di ioni solfato (a) e di Sr (b) lungo la linea delle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona ed in quelle della Piana di Artegna-Buia durante la fase di magra e di piena della falda. I triangoli indicano le concentrazioni nelle acque correnti superficiali del F. Tagliamento al suo sbocco in pianura (T), del T. Vegliato (V) e del T. Orvenco (O).

- Sulfate (a) and Sr (b) contents along the plain springs line of Osoppo-Gemona Plain and in those of the Artegna-Buia Plain during low and high period of groundwaters. Triangles point out the concentrations in the streaming waters of Tagliamento R. at its plain outlet (T), of Vegliato R. (V) and Orvenco R. (O).

e STEFANINI (1987) che però non hanno studiato la composizione delle acque di risorgiva ma quella delle acque freatiche superficiali e profonde trovando concentrazioni di SO_4 generalmente inferiori.

Attualmente non si è in grado di chiarire tale discrepanza se non facendo ricorso a condizioni di circolazione delle acque sotterranee dissimili da quelle presenti durante i periodi delle nostre campionature.

Variazioni notevoli nel tempo di concentrazione di SO_4 nelle acque sotterranee sono daltronde già note: analisi effettuate praticamente in continuo per 15 mesi (1972-1973) sulle acque delle prese dell'acquedotto del Molin del Bosso (MOSETTI, 1983) hanno dimostrato fluttuazioni pari a circa il 30% del valore minore coprendo l'intervallo da 48 mg/l a 63 mg/l.

Tenendo valido il concetto della scarsa influenza delle precipitazioni efficaci sulla composizione chimica delle acque sotterranee del Campo di Osoppo-Gemona, l'andamento decrescente delle concentrazioni nel tratto fra i camp. 17 e 30 (fig. 5a) che corre quasi parallelo al corso superficiale del F. Tagliamento, può dipendere essenzialmente solo dalla diluizione operata dalla risalita delle acque profonde provenienti dai massicci carbonatici che sono povere all'origine di questo costituente (nelle acque del T. Vegliato $\text{SO}_4 = 14-16$ mg/l) e che rimangono tali durante il loro percorso sotterraneo nella pianura (STEFANINI, 1987).

In corrispondenza di Properzia poi (camp. 31, flesso dei grafici in fig. 5a) avviene la miscelazione tra le acque con derivazione parziale dal F. Tagliamento e quelle con scarsi ioni solfato che provengono dai massicci carbonatici e corsi nord-orientali (T. Vegliato, R. Glemine, R. Grideule).

Il passaggio fra queste due facies idrochimiche è netto e stabile durante la fase di piena della falda e durante quella di magra.

La parte finale dei grafici relativi alle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona (camp. 32-41) indica poi chiaramente il dominio delle acque di derivazione nord-orientale povere di SO_4 .

Per ciò che riguarda invece i campioni della Piana di Artegna-Buia (camp. 27, 20, 21, 18), le relativamente basse quantità di ioni solfato sono da mettere in relazione con la scarsità di gessi nei litotipi delle aree di provenienza delle acque sotterranee. Essi infatti sono flyschoidi per i rilievi sud-orientali sovrastanti Artegna e morenici per quelli meridionali di Buia.

A riprova di ciò, nelle acque del T. Orvenco sono state determinate quantità di ioni solfato molto contenute e pari a 26-28 mg/l.

Dai grafici si può desumere infine che in tutte le risorgive non esistono variazioni significative dei contenuti di ioni solfato tra la fase di piena e quella di magra della falda. Le modeste differenze esistenti sono probabilmente da mettere in relazione sia con le diverse permeabilità dell'aerato a monte delle risorgive stesse, che comportano differenti diluizioni delle acque sotterranee ad opera delle infiltrazioni efficaci, sia con la maggior o minor facilità di circolazione sotterranea delle dispersioni del F. Tagliamento.

Stronzio

Dall'esame della fig. 5b, relativa all'andamento delle concentrazioni di Sr, risulta un evidente parallelismo dei grafici con quelli relativi agli ioni solfato (fig. 5a) per cui valgono le considerazioni esposte a proposito di questi ultimi.

Anche in questo caso infatti, dopo una certa costanza iniziale (camp. 4-16; 0.7-0.8 mg/l), le concentrazioni di Sr diminuiscono lentamente procedendo da sinistra verso destra della figura (nella realtà dal F. Tagliamento verso NE), passando da circa 0.7 mg/l a circa 0.5 mg/l nel tratto compreso tra i camp. 17 e 30.

Il passaggio alle risorgive connesse con le acque provenienti dai massicci carbonatici nord-orientali e con i loro torrenti avviene anche in questo caso bruscamente (camp. 31), con una drastica diminuzione delle concentrazioni di Sr fino a valori di 0.15 mg/l (camp. 32) che rimangono bassi anche per le altre risorgive (camp. 33-41; 0.05-0.13 mg/l).

I campioni raccolti nella piana di Artegna-Buia presentano anch'essi scarse concentrazioni di Sr comprese tra 0.12-0.19 mg/l nella fase di magra della falda e tra 0.06-0.17 mg/l in quella di piena.

Come per gli ioni solfato, anche le differenze di concentrazione di Sr durante le fasi di magra e di piena della falda non sono significative; esse sono troppo deboli e contrastanti per permettere delle considerazioni al riguardo.

L'analogia dei grafici relativi agli ioni solfato (fig. 5a) e Sr (fig. 5b) dimostra ancora una volta la loro relazione di proporzionalità diretta dovuta in massima parte alla loro origine comune (gessi).

Nelle acque delle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona, cioè quelle a Nord del F. Ledra (camp. 4-41), la relazione è tanto stretta (fig. 6) che può essere espressa da rette con un alto coefficiente di correlazione (r).

Le equazioni delle rette, rappresentate anch'esse in fig. 6 e che dal punto di

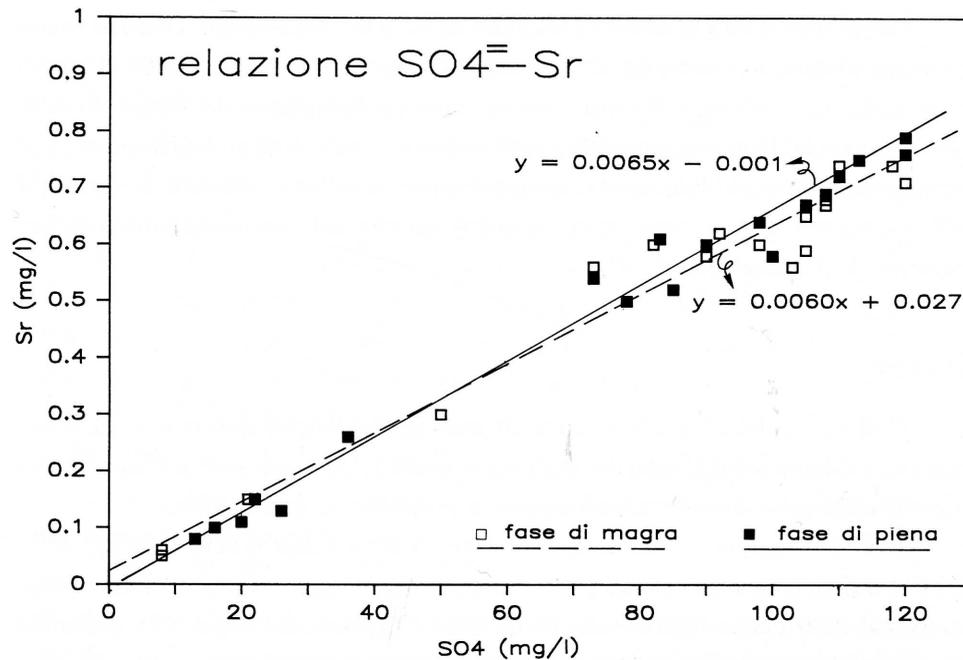


Fig. 6 - Relazioni fra le concentrazioni di ioni solfato e di Sr nelle acque di risorgiva del Campo di Osoppo-Gemona durante la fase di magra e di piena della falda.
- Relations between the concentrations of Sulfate and Sr in the plain spring waters of Osoppo-Gemona Plain during low and high period of phreatic waters.

vista pratico risultano quasi coincidenti, sono rispettivamente:
per la fase di magra della falda $y = 0.0060x + 0.027$ ($r = 0.97$)
per la fase di piena della falda $y = 0.0065x - 0.001$ ($r = 0.99$)
ove con x ed y sono espresse rispettivamente le quantità di SO_4 e Sr.

Calcio e Magnesio

In fig. 7a sono riportati i grafici relativi alle concentrazioni di Ca ed in fig. 7b quelli di Mg.

A prescindere dai valori assoluti delle concentrazioni, gli andamenti dei grafici sono simili e mostrano valori lentamente decrescenti da sinistra verso destra (dal F. Tagliamento verso NE) senza però evidenziare in maniera netta il passaggio (camp. 31) fra acque di parziale derivazione tilaventina e quelle di provenienza nord-orientale. Ciò dipende dal fatto che anche queste ultime, provenendo da massicci carbonatici

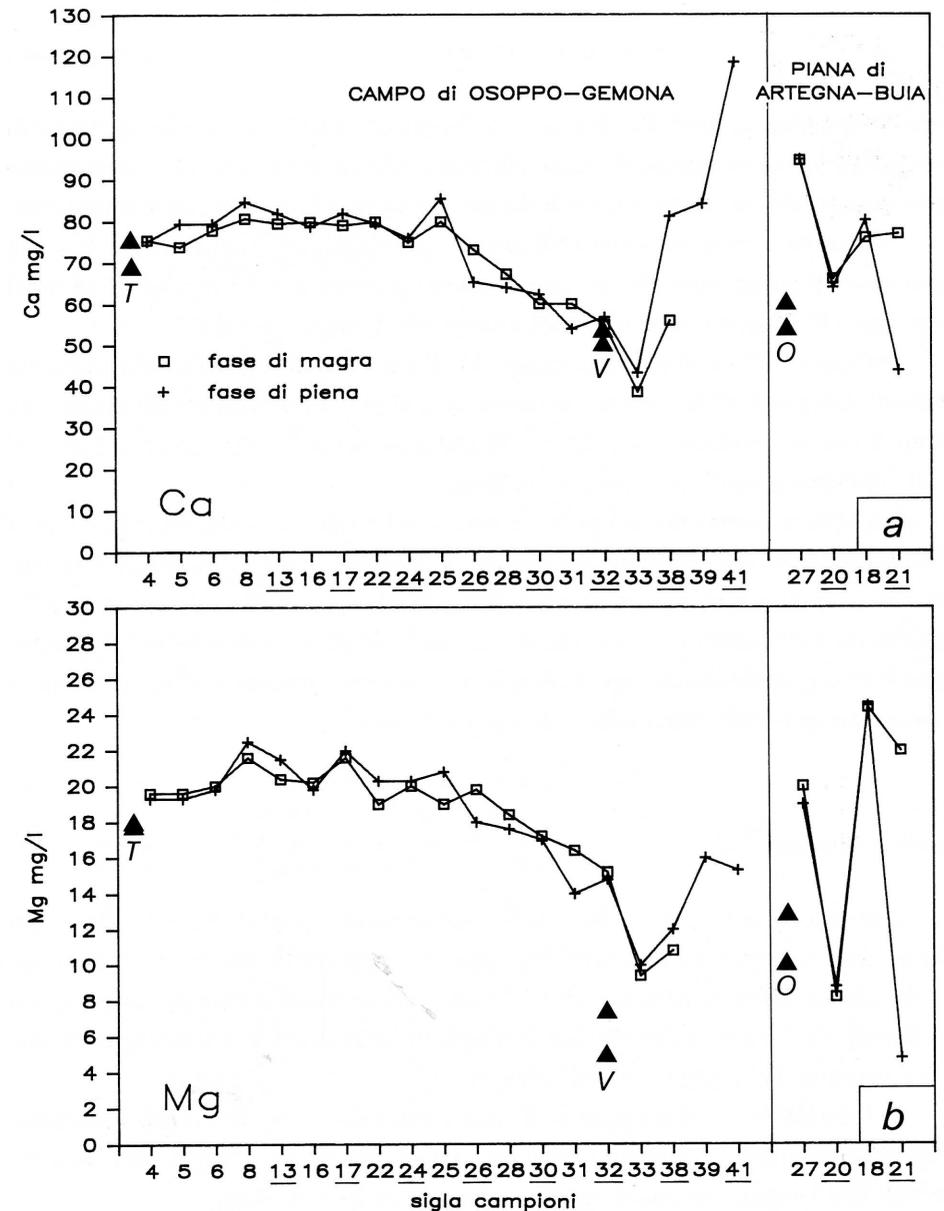


Fig. 7 - Variazioni delle concentrazioni di Ca (a) e Mg (b) lungo la linea della risorgive del Campo di Osoppo-Gemona ed in quelle della Piana di Artegna-Buia durante il periodo di magra e di piena della falda. I triangoli indicano le concentrazioni nelle acque correnti superficiali del F. Tagliamento al suo sbocco in pianura (T), del T. Vegliato (V) e del T. Orvenco (O).
- Ca (a) and Mg (b) contents along the plain springs line of Osoppo-Gemona Plain and in those of the Artegna-Buia Plain during low and high period of groundwaters. Triangles point out concentrations in the streaming waters of Tagliamento R. at its plain outlet (T), of Vegliato R. (V) and Orvenco R. (O).

o da infiltrazioni di corsi d'acqua con bacino carbonatico, contengono quantità di Ca e Mg che pur essendo meno abbondanti di quelle connesse con il F. Tagliamento non lo sono tanto da produrre nette differenze di composizione nelle acque sotterranee.

Si ricorda a proposito che nelle acque superficiali del Tagliamento Ca e Mg sono presenti rispettivamente in concentrazioni intorno a 70-75 mg/l e 17-18 mg/l mentre nel T. Vegliato esse non pari a circa 50-55 mg/l e 5-7 mg/l.

Nel camp. 25 ed al di là del camp. 33 (Case Canciane) e nelle risorgive della piana di Artegna-Buia le concentrazioni di Ca e Mg si rivelano talora assolutamente anomale (ad es. nei camp. 38, 39, 41, 27) a segnalare, come vedremo oltre, fenomeni di contaminazione delle acque sotterranee.

Un'ultima osservazione a proposito dei grafici relativi al Mg (fig. 7b) è che le concentrazioni di tale elemento nelle acque di risorgiva (e quindi in quelle sotterranee a monte) sono sempre superiori a quelle presenti nelle fonti di alimentazione (F. Tagliamento, T. Vegliato, T. Orvenco). Ciò sta ad indicare arricchimenti di Mg durante la circolazione sotterranea probabilmente dovuti a fenomeni di soluzione progressiva dei materiali alluvionali e di scambio ionico.

Sodio e Potassio

I grafici delle figg. 8a e 8b, relativi alle concentrazioni di Na e K, mostrano come questi due elementi non possano essere utilizzati per la distinzione delle risorgive connesse con le dispersioni del F. Tagliamento e quelle derivanti dagli apporti nord-orientali. In questo caso infatti non sono presenti le brusche variazioni quantitative caratteristiche degli ioni solfato e Sr.

Per entrambi gli elementi non si sono inoltre appurate differenze sostanziali relativamente alla fase di piena e di magra della falda anche se per il solo Na si riscontra una tendenziale minor quantità durante la fase di piena.

Molte risorgive ubicate in zone più o meno urbanizzate (camp. 25 nel Campo di Osoppo-Gemona e camp. 27, 21, 18 nella Piana di Artegna-Buia) presentano tenori o di Na o di K evidentemente anomali e troppo elevati per corrispondere a condizioni naturali. Dato che ciò è comune anche ad altri elementi (ad. es. Mg e Ca) si deve ritenere che la composizione di tali acque risulti alterata da contaminazioni esterne della falda quali quelle derivanti da concimi chimici, scarichi in pozzi neri perdenti, discariche abusive, attività industriali ecc..

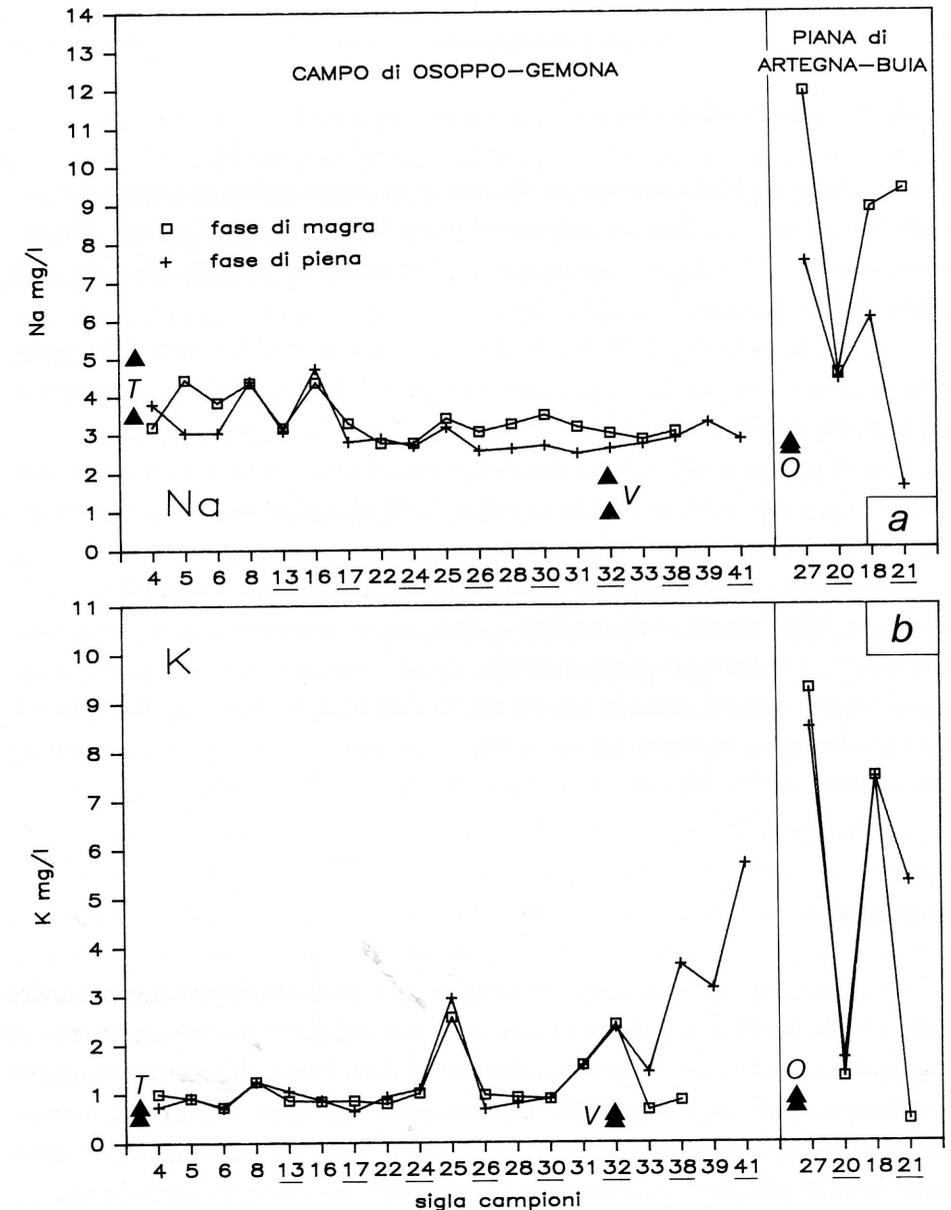


Fig. 8 - Variazioni delle concentrazioni di Na (a) e K (b) lungo la linea delle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona ed in quelle della Piana di Artegna-Buia durante il periodo di magra e di piena della falda. I triangoli indicano le concentrazioni determinate nelle acque correnti superficiali del F. Tagliamento al suo sbocco in pianura (T), del T. Vegliato (V) e del T. Orvenco (O).

- Na (a) and K (b) contents along the plain springs line of Osoppo-Gemona Plain and in those of the Artegna-Buia Plain during low and high period of groundwaters. Triangles point out concentrations in the streaming waters of Tagliamento R. at its plain outlet (T), of Vegliato R. (V) and Orvenco R. (O).

Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb

Le analisi per la determinazione dei metalli in traccia hanno mostrato che essi, se presenti, lo sono in quantità inferiori ai limiti di rilevabilità dei metodi adottati (vedi Capitolo "Metodologie d'indagine") ad eccezione di Fe e Zn che sono stati quantificati in 2 campioni (n. 17 e 21).

Nel camp. 17 (sorgenti del R. Gelato), prelevato in fase di magra della falda, lo Zn è risultato pari a 0,021 mg/l mentre nel camp. 21 (Case Felice), prelevato in fase di piena, lo Zn è risultato pari a 0,01 mg/l ed il Fe a 1,61 mg/l.

Questi episodi, ricollegabili a deboli contaminazioni esterne a carattere localizzato, si sono rivelati tuttavia del tutto temporanei ed analisi successive non hanno confermato le caratteristiche di cui sopra.

Per quanto riguarda quindi la qualità delle acque sorgive del Campo di Osoppo-Gemona e della Piana di Artegna-Buia si può dire in definitiva, con le opportune cautele per quelle corrispondenti ai camp. 17 e 21, che esse rientrano nella categoria delle acque potabili secondo i limiti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità anche se presentano in taluni casi sicuri indizi di contaminazioni esterne (concentrazioni anomale di Ca, Mg, Na, K; camp. 38, 39, 41, 27, 21, 18).

Conclusioni

Le analisi chimiche delle acque di risorgiva del Campo di Osoppo-Gemona, cioè quelle a Nord del F. Ledra, hanno consentito di distinguere, sia durante la fase di piena che quella di magra della falda, due settori della linea della risorgive soggetti rispettivamente alle dispersioni del F. Tagliamento ed agli apporti sotterranei provenienti dai corsi perdenti nord-orientali (T. Vegliato, R. Grideule, R. Glemine). Il primo si estende dalle risorgive più prossime al F. Tagliamento fino a Properzia (camp. 4-30; fig. 2), il secondo prosegue fino alla chiusura della linea delle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona propriamente detta (camp. 32-41).

Tale distinzione è basata sulle diverse concentrazioni di ioni solfato e Sr che sono alte nel primo tratto ($\text{SO}_4 > 70 \text{ mg/l}$; $\text{Sr} > 0.5 \text{ mg/l}$) e basse nel secondo.

Questi costituenti, derivando essenzialmente solo dal F. Tagliamento, si sono rivelati una volta di più degli ottimi traccianti naturali, selettivi, per le sue infiltrazioni laterali in falda.

Nell'ambito delle risorgive connesse con le acque tilaventine è stato possibile distinguere, anche in base alle direzioni della circolazione sotterranea, 3 sottosectori legati rispettivamente alle infiltrazioni vicine passanti attraverso i colli di Osoppo e di S. Rocco (fig. 2, camp. 4-6), alle infiltrazioni lontane provenienti da un tratto perdente del F. Tagliamento all'altezza di Comugne (camp. 8-17) ed alle infiltrazioni diluite da apporti provenienti dai massicci carbonatici settentrionali (camp. 22-30).

Le alte concentrazioni di ioni solfato e Sr nei primi due sottosectori, assai simili a quelle delle acque correnti superficiali del F. Tagliamento, stanno a testimoniare come il fattore diluizione legato alle precipitazioni meteoriche efficaci giochi un ruolo molto secondario nella composizione chimica delle acque freatiche del Campo di Osoppo-Gemona da cui traggono origine le risorgive.

Questo dato è importante per il calcolo o la verifica di un bilancio idrologico della falda freatica in quanto implica che le precipitazioni efficaci debbano essere quantitativamente molto scarse rispetto agli altri apporti alla falda.

Tale indicazione è in perfetto accordo con quanto già espresso da STEFANINI & CATANI (1977) che hanno valutato intorno al solo 20% degli afflussi il contributo delle precipitazioni efficaci.

Se queste ultime sono poco influenti sulla composizione chimica delle acque sotterranee, le notevoli diluizioni di SO_4 e Sr registrate nel terzo sottosectore (camp. 22-30) debbono essere opera dell'unica altra fonte di alimentazione delle acque sotterranee e cioè quella che proviene per via profonda dai massicci carbonatici settentrionali con scarse quantità di questi costituenti.

Tale tipo di apporto, normalmente trascurato o non considerato del tutto nelle diverse valutazioni del bilancio idrologico della falda, viene ora ad assumere un notevole peso e deve entrare in maniera decisiva nella stima quantitativa delle diverse fonti di alimentazione.

Sempre sulla base delle differenze di concentrazione di ioni solfato e di Sr lungo le risorgive è stato possibile definire con precisione la ristretta fascia di contatto e miscelazione delle acque freatiche influenzate dalle dispersioni del F. Tagliamento, con alti contenuti di questi due costituenti, e quelle derivanti dalle infiltrazioni dei corsi d'acqua e dai massicci carbonatici nord-orientali caratterizzate invece da basse concentrazioni. Tale fascia è localizzata nei pressi di Properzia (camp. 31; fig. 2) e risulta stabile sia durante la fase di magra e di piena della falda con una ampiezza di circa 500 metri.

Sigla Camp. contaminato Sample polluted	fase di piena della falda high groundwaters					fase di magra della falda low groundwaters					
	Ca	Mg	Na	K	Zn	Ca	Mg	Na	K	Fe	Zn
17					*						
25	*			*					*		
38						*					
39						*					
41						*			*		
27	*	*	*	*		*	*	*	*		
21		*	*						*	*	*
18		*	*	*			*	*	*		

Tab. I - Indizi di contaminazioni esterne.
- Water pollution signs.

Gli altri elementi "maggiori" considerati (Ca, Mg, Na, K) non permettono le distinzioni di cui sopra in quanto risultano quantitativamente simili nelle due facies idrochimiche.

La composizione delle acque di risorgiva della Piana di Artegna-Buia è risultata alterata da contaminazioni esterne della falda per cui, data anche la scarsità di punti di indagine, non è stato possibile definire il contatto fra le acque sotterranee influenzate dagli apporti nord-orientali con quelle provenienti dai rilievi sud-orientali flyschoidi e fra queste ultime e quelle provenienti dalle alture moreniche meridionali.

I fenomeni di contaminazione esterna sono risultati ad opera di Ca, Mg, Na, K, Zn e Fe secondo lo schema di tabella I. Nonostante questi fattori negativi, e con le dovute cautele per le acque di 2 risorgive (camp. 17 e 21) rivelatesi temporaneamente inquinate da Zn e Fe, si può affermare che, per quanto riguarda gli elementi considerati, tutte le altre rientrano nella categoria delle acque potabili secondo i limiti posti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Manoscritto pervenuto il 10.I.1990.

Bibliografia

BRAMBATI A., CORSI M., GIORGETTI F., ONOFRI R., STEFANINI S., ULCIGRAI F., 1976 - Geo-

logical emergency interventions in the earthquake stricken zones of Friuli. The example of Osoppo Town. *Boll. di Geof. Teor. ed Appl.*, 19, 72: 987-1017.

BROILI L., CARRARO F., CUCCHI F., ONOFRI R., STEFANINI S., ULCIGRAI F., 1980 - Studio geologico per la ricostruzione. Comune di Gemona del Friuli. *Tip. Nazionale*, Trieste, pp. 95.

DE FAVERI S., 1988 - Ricerche idrogeologiche sulla Piana di Osoppo e Gemona (Udine). Considerazioni sulla composizione chimica delle acque di risorgiva. *Università degli Studi di Trieste, Istituto di Geologia e Paleontologia, Tesi di Laurea (non pubblicata)*.

FERUGLIO E., 1929 - Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie. Foglio. Udine. *Uff. Idrogr. R. Magistr. alle Acque di Venezia*: 1-77.

GIORGETTI F. & STEFANINI S., 1989 - Vulnerabilità degli acquiferi del Campo di Osoppo-Gemona all'inquinamento (Provincia di Udine). *Cons. Naz. delle Ricerche (linea di ric. VAZAR, pubbl. n. 125) - Reg. Auton. Friuli-Venezia Giulia (Direz. Reg. Ambiente)*, 11 tavv.

MORELLI C. & MOSETTI F., 1955 - Rilievo geofisico sperimentale allo sbocco del Tagliamento in pianura. *Pubbl. n. 59 dell'Osserv. Geof. di Trieste*, N.S.: 1-12.

MOSETTI F., 1983 - Sintesi sull'idrologia del Friuli-Venezia Giulia. *Quaderni dell'Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia (Udine), Riv. di Limnologia*, 6, pp. 295.

OSSERVATORIO GEOFISICO SPERIMENTALE DI TRIESTE & REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA (Direzione Regionale dei Lavori Pubblici; Servizio dell'Idraulica), 1981 - Studio idrogeologico della pianura di Artegna-Buia-Gemona-Osoppo. *Relaz. n. 81581, Trieste (non pubblicato)*.

SALVINI N., 1938 - Questioni sulla idrografia superficiale e freatica della pianura friulana. *Atti XIII Congr. Geograf. Ital. di Udine*, 2: 42-69.

STEFANINI S., 1987 - Nuove indagini sulla costituzione profonda della falda nel Campo di Osoppo e Gemona. *Rass. Tecnica del Friuli-Venezia Giulia*, 6: 37-41.

STEFANINI S. & CATANI G., 1977 - La falda freatica nella pianura di Osoppo e Gemona (Provincia di Udine): idrogeologia e idrochimica. *Quad. Ist. di Ric. sulle Acque (IRSA)*, 34: 155-196.

STEFANINI S. & GIORGETTI F., 1985 - La velocità di circolazione delle acque freatiche e le prese dell'acquedotto del Friuli centrale. *Rass. Tecnica del Friuli-Venezia Giulia*, 6: 27-30.

Appendice

Composizione delle acque correnti superficiali del F. Tagliamento (A a monte, B a valle) del T. Orvenco (C) e del T. Vegliato (D).

Composition of streaming waters of Tagliamento R. (A up, B down), Orvenco R. (C) and Vegliato R. (D).

Sigla camp. Sample	mg/l											
	Na		K		Mg		Ca		Sr		SO ₄	
	magra low	piena high	magra low	piena high								
A	5.00	3.40	0.68	0.52	17.8	17.5	68.8	75.5	0.69	0.89	130	120
B	3.25	2.60	0.63	0.58	17.6	17.8	76.5	70.0	0.82	0.76	125	120
C	2.80	2.86	0.86	0.92	10.0	13.4	52.0	60.0	0.16	0.18	26	28
D	1.86	1.04	0.45	0.47	7.2	5.0	50.0	55.4	0.08	0.06	14	16

Composizione delle acque di risorgiva durante la fase di magra e di piena della falda.
Water composition of the plain springs during the low and high period of phreatic water.

Risorgive del campo di Osoppo-Gemona - *Plain springs of Osoppo-Gemona Plain*

Sigla camp. Sample	mg/l											
	Na		K		Mg		Ca		Sr		SO ₄	
	magra low	piena high	magra low	piena high								
4	3.20	3.08	1.00	0.74	19.6	19.3	75.6	75.3	0.67	0.72	108	110
5	4.44	3.04	0.91	0.93	19.6	19.3	74.0	79.5	0.68	0.67	108	105
6	3.84	3.04	0.73	0.71	20.0	19.8	78.0	79.5	0.74	0.75	118	113
8	4.36	4.40	1.25	1.25	21.6	22.5	80.8	84.8	0.74	0.79	110	120
13	3.16	3.08	0.86	1.05	20.4	21.5	79.6	82.0	0.71	0.76	120	120
16	4.36	4.72	0.84	0.87	20.2	19.8	80.0	78.8	0.65	0.69	105	108
17	3.28	2.80	0.85	0.64	21.6	22.0	79.2	82.0	0.60	0.58	98	100
22	2.76	2.88	0.79	0.94	19.0	20.3	80.0	79.5	0.59	0.64	105	98
24	2.76	2.68	1.01	1.09	20.0	20.3	75.0	76.0	0.60	0.61	90	83
25	3.40	3.16	2.56	2.95	19.0	20.8	80.0	85.5	0.56	0.52	103	85
26	3.04	2.56	0.97	0.68	19.8	18.0	73.2	65.3	0.62	0.58	92	90
28	3.24	2.60	0.92	0.80	18.4	17.6	67.2	64.0	0.60	0.50	82	78
30	3.48	2.68	0.89	0.90	17.2	17.0	60.0	62.3	0.56	0.54	73	73
31	3.16	2.48	1.58	1.57	16.4	14.0	60.0	54.0	0.30	0.26	50	36
32	3.00	2.60	2.41	2.35	15.2	14.8	55.0	56.8	0.15	0.15	21	22
33	2.84	2.72	0.67	1.44	9.4	10.0	38.6	43.3	0.05	0.08	8	13
38	3.04	2.88	0.86	3.64	10.8	12.0	56.0	81.3	0.06	0.10	8	16
39	—	3.28	—	3.15	—	16.0	—	84.3	—	0.11	—	20
41	—	2.84	—	5.70	—	15.3	—	118.5	—	0.13	—	26

Risorgive della Piana di Artegna-Buia - *Plain springs of Artegna-Buia Plain*

27	11.92	7.48	9.29	8.49	20.0	19.0	94.8	95.0	0.14	0.12	35	36
20	4.56	4.40	1.33	1.71	8.2	8.8	66.0	64.0	0.19	0.17	24	25
18	8.88	6.00	7.48	7.46	24.4	24.5	76.0	80.3	0.12	0.10	20	26
21	9.36	1.60	0.45	5.33	22.0	4.8	77.0	43.8	0.17	0.06	27	2

Indirizzo degli Autori - Authors' address:

— Prof. Francesco GIORGETTI

— Prof. Sergio STEFANINI

Istituto di Geologia e Paleontologia
 dell'Università degli Studi

P.le Europa 1, I- 34127 TRIESTE