



CLUB ALPINO ITALIANO
COMITATO SCIENTIFICO
LIGURE PIEMONTESE VALDOSTANO

LE ACQUE DELLA MONTAGNA

Atti dell'incontro di
Ceresole Reale (TO)
12-13 settembre 1998

INTRODUZIONE

L'argomento "Acqua" e la sua gestione è più che mai al centro di molte problematiche e dibattiti. La stessa Rivista del Club Alpino Italiano, sul numero di luglio/agosto 1998, ha dedicato l'intera pagina della rubrica "Politiche ambientali" a questo argomento, con casuale ma perfetta tempestività rispetto alla data del nostro convegno di studio.

L'acqua è un bene sempre più prezioso e fragile, patrimonio di tutti ormai senza confini, e di cui siamo custodi prima che fruitori.

Essa modella il territorio e caratterizza il paesaggio con ghiacciai, torrenti, invasi, ruscelli fino alle fontane ove ci dissetiamo, e che per molto tempo hanno costituito luogo e occasione d'incontro e socializzazione.

Siamo circondati da grandiosi paesaggi modellati dall'acqua anche oggi qui a Ceresole Reale, nella valle del torrente Orco, dove l'intera comunità ha offerto la sua collaborazione: dal Comune al Parco Nazionale Gran Paradiso, dall'Azienda Promozione Turistica alla Pro Loco, all'Azienda Energetica Metropolitana di Torino che ci ospita, e che apre i suoi impianti alla visita.

Desidero rilevare anche l'apporto degli stessi partecipanti al convegno: dal dr. Grazioli di Feltre il cui qualificato intervento è inserito nel presente volume, ad Erika Carlotti di Marina di Massa che ci ha fornito la dispensa distribuita ai partecipanti del corso di educazione ambientale sul ciclo dell'acqua che svolge nelle scuole. Un particolare segnale di recepimento delle nostre proposte in ambito non più solo locale.

Vanna Vignola

Presidente del Comitato Scientifico L.P.V.

**L'ACQUA, ELEMENTO ESSENZIALE PER LA VITA.
ASPETTI IGIENICI E SUA IMPORTANZA
NELLE ATTIVITÀ ALPINISTICHE**

CLAUDIO NUTI

Medico

Presidente Sezione C.A.I. di Asti

L'acqua è un elemento di natura indispensabile per la sopravvivenza dell'uomo e per il mantenimento della vita stessa: a seconda del nostro peso, attività, cultura, stato di salute, clima ed abbigliamento abbiamo bisogno, ogni giorno, di un quantitativo d'acqua compreso tra i due ed i cinque litri. Il nostro organismo, infatti, è costituito (per quanto riguarda il soggetto adulto), per il 60% da acqua. Tale importanza dell'elemento è giustificata dalle molteplici funzioni vitali che l'acqua svolge: azione solvente, mezzo di trasporto per altre sostanze, ambiente biologico in cui avvengono tutte le reazioni che sono alla base della vita delle cellule, scambiatore termico per la regolazione della temperatura corporea.

Nei paesi industrializzati la disponibilità illimitata (o quasi) d'acqua sicura dal punto di vista igienico è data per scontata: ciò non è sempre vero, e, soprattutto, non avviene nei paesi in via di sviluppo, ove la disponibilità d'acqua igienicamente buona esiste solo per il 70-80% della popolazione che vive in zone rurali.

BREVI CENNI D'IGIENE DELLE ACQUE

L'acqua, nel mondo, è uno dei principali veicoli di diffusione di malattie: la contaminazione delle acque è in genere dovuta a carenze igieniche in prossimità delle fonti di approvvigionamento idrico, all'esistenza di contatti diretti tra i liquami e le fonti o tra i liquami e la rete di distribuzione dell'acqua, nonché a fenomeni d'inquina-

mento con rifiuti agricoli o industriali. Persino l'acqua di acquedotto può essere sicura alla fonte ed inquinata al rubinetto, così come acque apparentemente pure e cristalline possono rivelarsi pericolose per infiltrazioni di inquinanti che le rendono possibile causa di infezione alimentare.

Per quanto riguarda i problemi igienici che si possono manifestare nelle acque del nostro territorio alpino occorre ricordare sempre che, mentre l'acqua sorgiva, raccolta a pochi centimetri da dove sgorga dalla roccia, può essere considerata batteriologicamente sicura e pura, tutte le altre fonti di approvvigionamento idrico (laghi, fiumi, torrenti, ruscelli, ecc.), devono essere considerati sempre potenzialmente infetti, tenuto anche conto della notevole antropizzazione del territorio delle nostre montagne. Oltre l'acqua sorgiva, l'unica acqua che si trova sul territorio non trattata e che può considerarsi igienicamente sicura è quella di fusione, proveniente dallo scioglimento dei ghiacciai, e che è raccolta al di sopra dalla zona prativa in cui, a causa della presenza di animali, può rapidamente essere contaminata, soprattutto nella stagione calda, quando i pascoli sono abitati dalle mandrie e dalle greggi.

Nei casi in cui si reputi necessario utilizzare, come potabile, l'acqua proveniente da fonti idriche non sicure (torrenti, fiumi, ecc.) occorre prendere alcune precauzioni igieniche quali la bollitura, oppure la disinfezione chimica dell'elemento.

La **Bollitura** è sicuramente il metodo più efficace per la sterilizzazione dell'acqua: con questo processo vengono, infatti, uccisi tutti gli agenti infettivi, comprese le cisti dell'Ameba (protozoo frequente nei paesi caldi), che sono resistenti alla sterilizzazione chimica con cloro. Il limite della procedura può essere d'ordine pratico, ed inoltre è possibile comunque bollire solo piccole quantità d'acqua per volta: ricordiamo poi che la bollitura deve essere vigorosa, protratta per almeno cinque minuti, e perde rapidamente d'efficacia con l'aumentare della quota, tenuto conto che la temperatura d'ebollizione è inversamente proporzionale alla pressione atmosferica e, quindi, alle quote più alte, l'acqua bolle a temperature basse perché permettano un'efficace sterilizzazione complessiva.

Per avere buone condizioni di salute è necessario che vi sia un equilibrio dinamico tra i due compartimenti, affinché acqua ed elettroliti possano fluire dall'uno all'altro a seconda delle esigenze del momento.

Quando ci spostiamo in montagna, con il progredire della quota, si verifica una variazione dei liquidi corporei con una progressiva diminuzione di quelli extracellulari, a vantaggio della componente interna alle cellule: infatti in quota, l'organismo tende a conservare i liquidi all'interno della cellula, quasi a difendersi da una dispersione d'acqua in un ambiente diventato in qualche modo ostile.

Inoltre vi sono numerose cause che concorrono a determinare una generale diminuzione del quantitativo di acqua presente nel nostro corpo, situazione che, se perdurante, può diventare estremamente pericolosa.

La perdita d'acqua (e contemporaneamente d'elettroliti) avviene attraverso le urine, la traspirazione, la respirazione e l'evacuazione intestinale e, per coloro che praticano l'alpinismo, soprattutto in alta quota, le principali cause di possibile disidratazione sono le seguenti:

- * Aumentata frequenza del respiro, causata dalla diminuzione della pressione d'ossigeno in quota ed allo sforzo fisico (pensiamo che, solo attraverso la respirazione, si possono perdere anche 5/6 litri d'acqua ogni 24 ore)

- * Aumentata intensità del vento e ridotta umidità dell'aria in quota

- * Abbondante sudorazione

- * Aumentata diuresi e perdita del sodio (sempre accompagnata anche da perdita di acqua) a causa della diminuzione, in situazione di ipossia (cioè di carenza di ossigeno), della produzione di una serie di ormoni deputati alla ritenzione del sodio, e quindi anche alla ritenzione di acqua

- * Consumo di alimenti a basso tenore d'acqua (alimenti liofilizzati o integratori alimentari solidi)

- * Inibizione del senso di sete causata dall'intensa attività fisica

- * Diarree dovute a ridotta funzionalità intestinale.

La disinfezione chimica è più comoda, sovente, della bollitura, soprattutto nelle situazioni in cui si viene a trovare l'alpinista, principalmente in spedizioni extraeuropee.

Prima di eseguire una disinfezione chimica, comunque, è consigliabile, se l'acqua non è perfettamente limpida, eseguire un **filtraggio** attraverso un panno sottile (sono presenti in commercio idonei sacchetti quali il sacco di Millbank). La disinfezione poi, può avvenire attraverso l'uso di Cloro o Iodio.

Il cloro è il disinfettante dell'acqua più utilizzato. Distrugge gli organismi viventi disattivando i composti biologicamente attivi. Tuttavia il cloro reagisce con qualsiasi sostanza organica presente nell'acqua ed in questo modo la percentuale che resta disponibile per esercitare il potere battericida diminuisce. Inoltre i microrganismi patogeni che vengono assorbiti dalle particelle solide in sospensione possono risultare protetti dall'azione del disinfettante (ed ecco quindi l'importanza della filtrazione preventiva). Il cloro è efficace contro i batteri ed alcuni virus e lo è meno contro le cisti amebiche (sempre pensando a situazioni extraeuropee), per neutralizzare le quali è necessario un quantitativo di cloro 10 volte superiore a quello sufficiente a distruggere i batteri e tale quantitativo altera in maniera molto significativa le caratteristiche organolettiche dell'acqua trattata.

Lo **iodio** agisce in maniera simile al cloro, ma è probabilmente più efficace, soprattutto contro le cisti amebiche. Pastiglie di cloro o di iodio sono disponibili in commercio. Quando vengono utilizzate è importante seguire attentamente le istruzioni e, soprattutto, accertarsi della limpidezza dell'acqua prima di trattarla.

L'IMPORTANZA DELL'ACQUA NELLE ATTIVITÀ ALPINISTICHE

L'acqua, nel nostro corpo, si trova sostanzialmente in due compartimenti, tra loro interscambiabili, che sono lo spazio intra ed extra cellulare: inoltre in entrambi questi compartimenti sono disciolti, in quantità e concentrazioni variabili, i sali minerali, di sodio, di potassio, di calcio, di magnesio, di fosforo, di cloro, ecc. chiamati elettroliti.

COSA AVVIENE SE... MANCA L'ACQUA

Gli effetti della disidratazione sono, inizialmente, stanchezza, perdita di peso, affaticamento precoce con netta diminuzione del rendimento muscolare e sensazione di grande affaticabilità.

Se si sottovalutano questi sintomi può comparire emoconcentrazione (cioè un aumento della concentrazione e della viscosità del sangue), con circolazione ematica ostacolata e possibile comparsa di trombosi e tromboembolie, oltre ad un maggior rischio di congelamento ed assideramento.

Ancora può insorgere una concentrazione anche del filtrato renale con possibile blocco anche irreversibile.

Per avere un'idea di quanto rischiosa sia la disidratazione, ricordiamo che una diminuzione del 5% del peso corporeo causata da perdita idrica è già sufficiente a determinare una situazione di rischio elevato per la sopravvivenza del soggetto colpito.

DUNQUE, COSA FARE PER EVITARLO

Occorre tenere innanzitutto presente che per evitare i rischi di disidratazione occorre introdurre ogni giorno un quantitativo d'acqua tale da impedire una diminuzione del peso, affinché il bilancio idrico non sia negativo.

Misure di carattere generale sono innanzi tutto una buona preparazione fisica affinché l'organismo possa adattarsi senza difficoltà alle richieste che l'attività impone, evitando un aumento eccessivo della frequenza respiratoria e, compatibilmente con le condizioni climatiche, evitando di disperdere liquidi con eccessiva sudorazione.

L'abbigliamento, poi, deve essere adeguato; deve riparare dal freddo e, soprattutto, dal vento, importante agente di dispersione idrica (oltre che termica).

Per quanto riguarda l'alimentazione sono da preferire, ovviamente quando ciò è possibile, cibi con un alto contenuto d'acqua (frutta fresca, latte, zuppe, minestre, bevande calde).

È comunque estremamente importante bere molto: a volte si sente dire da persone che “pensano di sapere” che bisogna bere poco in quanto “più si beve e più si berrebbe”. Questo consiglio NON deve essere mai seguito, anzi, occorre bere ancor prima d’aver sete, affinché l’equilibrio idrico del corpo non sia alterato per nulla. Talvolta siamo molto stanchi e non avvertiamo neppure il desiderio di bere: ricordiamoci sempre che non avere voglia di bere e non avere sete non vuole assolutamente dire che l’organismo non sia disidratato.

Teniamo poi conto che, assieme all’acqua, durante la nostra attività perdiamo anche notevoli quantità d’elettroliti e, pertanto, è consigliabile integrare l’acqua sorgiva, con sali minerali disciolti in essa. L’integrazione con sali minerali diventa necessaria se siamo costretti ad utilizzare acqua di fusione che, essendo priva di sali minerali (in pratica è acqua distillata), non è biologicamente attiva e dunque non è sufficiente, da sola, a prevenire la disidratazione.

BIBLIOGRAFIA

- RICHARD DAWOOD - *Viaggiare in salute* - Ferro edizioni - 1987 CAI sez. di Cesena
- *Problemi medici in Alpinismo e nelle attività sportive in Quota* - 1990
- F. BROUNS - “Sport, caldo, sudore, disidratazione, reidratazione” SdS/ Rivista di cultura sportiva Anno XIV n. 32.
- F. CHIAROTTINO - *Disidratazione in montagna cause ed effetti*
- L’AQUILOTTO - anno 7 n. 20.

CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DI ALCUNE TIPOLOGIE DI ACQUE PRESENTI IN VALLE D'AOSTA

BROCCOLATO MASSIMO

Geologo

A.R.P.A. Valle d'Aosta - Agenzia Regionale

per la Protezione dell'Ambiente - Sezione Acqua, Suolo, Rifiuti

L'acqua è da sempre stata oggetto di studio da parte dell'uomo sia per quel che riguarda l'aspetto chimico, sia per l'aspetto fisico sia qualitativo in relazione alle potenzialità di sfruttamento. L'acqua è difatti l'elemento più diffuso in tutta la terra; essa la si ritrova in:

- Crosta rocciosa (litosfera)
- Nei mari, oceani, laghi ecc (idrosfera)
- Nell'atmosfera
- Nella biosfera

In linea generale, le acque a seconda della loro natura possono essere suddivise in vari gruppi di appartenenza secondo quanto indicato in fig. 1.

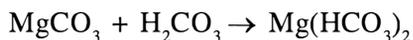
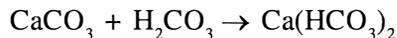
In questa occasione illustrerò alcuni dati relativi a particolari acque profonde, sia fredde che calde, confrontandoli con le caratteristiche di comuni acque superficiali destinate al consumo umano, mettendo in relazione il loro chimismo con la geologia del territorio valdostano in cui sono ubicate le sorgenti.

Poiché nel seguito capiterà di fare riferimento a termini chimici e a usuali classificazioni di acque, conviene premettere alcune semplici spiegazioni.

L'acqua, nel suo stato più elementare ma difficilmente riscontrabile in natura, è costituita da un atomo di O e due atomi di H secondo la nota formula chimica:



In realtà, le acque che si trovano in natura sono caratterizzate dal contenere, chi più e chi meno, sostanze disciolte e talvolta in sospensione, sia minerali che organiche. Nei confronti dell'acqua, durante il suo ciclo naturale ed in particolar modo lungo la penetrazione nel terreno, avvengono due fenomeni opposti dal punto di vista chimico e batteriologico. Chimicamente, l'acqua meteorica è paragonabile all'acqua distillata; essa, durante il suo passaggio attraverso l'atmosfera, si arricchisce dei gas che la compongono (sostanzialmente assorbe CO_2 la quale in acqua diventa acido carbonico H_2CO_3). Durante la penetrazione nel terreno, l'acqua, a causa della sua acidità, aggredisce con azione solvente i componenti mineralogici delle rocce che compongono la crosta terrestre e con i quali viene a contatto; l'aggressività è direttamente proporzionale al contenuto di acido carbonico. Non tutte le rocce però sono egualmente aggredibili dall'acqua e quindi non tutte le acque hanno lo stesso contenuto qualitativo e quantitativo di sali. Le rocce che più facilmente subiscono l'azione dissolvente sono le rocce carbonatiche (calcari, marmi e dolomie) costituite per lo più da Carbonati di Calcio o Magnesio (CaCO_3 e MgCO_3) che, per effetto dell'acido carbonico, diventano Bicarbonati solubili di Calcio e Magnesio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ secondo le seguenti formule



E' per questa ragione che i principali costituenti un' acqua naturale sono appunto il Calcio, il Magnesio e il Bicarbonato. Relativamente meno presenti sono altri minerali in quanto o meno diffusi o meno solubili in acqua.

Inoltre, nell'acqua sono presenti molti altri sali, in quantità più o meno variabili come il ferro, il rame, il fluoro ecc., che esplicano un'azione benefica all'organismo, la cui presenza può essere più o meno gradita o desiderata. Altri elementi sono invece sicuramente dannosi come Ammoniaca, Nitriti, metalli pesanti, ecc.

Dal punto di vista batteriologico, occorre dire che l'acqua meteorica al contatto con il terreno subisce un'immediata contaminazione iniziale da parte dei batteri presenti nell'ambiente. Tuttavia, allo stesso tempo, durante l'infiltrazione, il suolo funge anche da filtro e da depuratore abbattendo la carica microbica.

Il termine di "*acqua dura*" è messa in relazione al contenuto di sali di Calcio e Magnesio che sono definiti *DURI*. Mediante analisi chimica si può determinare il contenuto di questi elementi, ma più spesso, convenzionalmente, si indica con il termine *DUREZZA* la quantità complessiva di Calcio e Magnesio, la quale viene espressa in milligrammi per litro di CaCO_3 o in *GRADI FRANCESI*.

$$1^\circ F = 10 \text{ mg / l } \text{CaCO}_3$$

$$1^\circ F = 4,008 \text{ mg / l } \text{Ca}$$

Con il termine *ALCALINITA'*, si definisce la concentrazione totale di bicarbonati in un'acqua naturale. La parte di durezza equivalente alla alcalinità viene chiamata *DUREZZA TEMPORANEA* e tale aggettivo ne sta ad indicare l'instabilità dovuta al fatto che i bicarbonati di Calcio possono facilmente trasformarsi (ad esempio per effetto della temperatura), in carbonato di calcio insolubile liberando Anidride Carbonica (CO_2) secondo la seguente formula:



(questo è lo stesso processo che si riscontra in ambienti carsici)

La rimanente durezza (cioè la differenza tra la durezza totale e quella temporanea), viene chiamata *PERMANENTE*, volendone in questo modo evidenziare la sua maggiore stabilità, cioè la minore tendenza a riformare composti insolubili.

Il *RESIDUO FISSO* è l'insieme di sostanze prevalentemente inorganiche che restano dopo l'evaporazione completa dell'acqua a 180°C .

• Definizione e caratteristiche di un'acqua minerale

Dal punto di vista giuridico, la classificazione di un'acqua minerale è normata dal **Decreto Legge 25 gennaio 1992 n° 105** che recita:

“Sono considerate acque minerali naturali le acque che, avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo, provengono da una o più sorgenti naturali o perforate e che hanno caratteristiche igieniche particolari e proprietà favorevoli alla salute. Le acque minerali naturali si distinguono dalle ordinarie acque potabili per la purezza originaria e sua conservazione, per il tenore di minerali, oligoelementi e/o altri costituenti e per i loro effetti.”

Relativamente al tenore in sali minerali, calcolato come residuo fisso (RF) le acque minerali vengono distinte in:

Minimamente mineralizzata se $RF < 50$ mg/l

Oligominerale se $50 < RF < 500$ mg/l

Minerale se $500 < RF < 1500$ mg/l

Ricca di sali minerali se $RF > 1500$ mg/l

• Definizione e caratteristiche di un'acqua destinata al consumo umano

La normativa vigente in materia di classificazione di acque destinate al consumo umano è rappresentata dal **D.P.R. 24 maggio 1988 n° 236** nel quale viene indicato che:

“Per le acque destinate al consumo umano si intendono tutte le acque, qualunque ne sia l'origine, allo stato in cui si trovano o dopo trattamento, che siano:

- *fornite al consumo;*
- *utilizzate da imprese alimentari mediante incorporazione o contatto per la fabbricazione, il trattamento, la conservazione, l'immissione sul mercato di prodotti e sostanze destinate al consumo umano e che possano avere conseguenze per la salubrità del prodotto alimentare finale.*

Tra i molteplici parametri chimico-fisici che questo D.P.R. prende in considerazione per valutare i requisiti di qualità delle acque, ve ne sono alcuni che vale la pena ricordare:

Temperatura alla fonte: $< 25^{\circ} \text{C}$

Concentrazione di ioni idrogeno (pH): $6,0 < \text{pH} < 9,5$

Residuo fisso: $< 1500 \text{ mg/l}$

Durezza totale: valore consigliato da 15 a 50°F

Conducibilità elettrica: valore consigliato 400 uS/cm

Nitriti: $< 0.1 \text{ mg/l}$

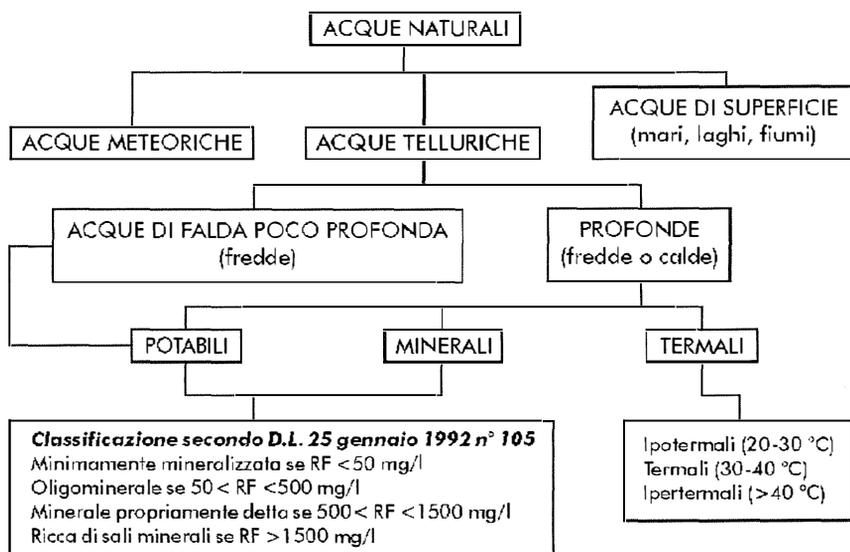


Fig. 1

ELENCO DELLE SORGENTI OGGETTO DI STUDIO

Acque naturali minerali:

- Sorgente La Saxe
- Sorgente Faussemagne
- Sorgente St. Vincent Fons Salutis – terme
- Sorgente Orrido - Calda - Pré-St.-Didier
- Sorgente Orrido - Fredda - Pré-St.Didier
- Sorgente Fonte Vittoria – Dolonne

- Sorgente Fonte Youla – Dolonne
- Sorgente Gran Paradiso (analisi richiesta per classificazione di acqua minerale)

Acque naturali di falda destinate ad uso umano relativamente al comprensorio dell'alta Valle di Cogne:

- Sorgente Rifugio Sella
- Sorgente Valmiana – Valnontey
- Fontanile Valnontey
- Fontanile Fraz. Lillaz
- Fontanile Piazza Municipio Cogne
- Fontanile Fraz. Gimillan
- Sorgente Alpeggio Grauson
- Fontanile Fraz. Epinel

Tutti i dati delle analisi chimiche qui esposte, sono stati ricavati dall'archivio dell'A.R.P.A. Valle d'Aosta e si riferiscono a prelievi eseguiti nell'arco dell'ultimo decennio. La toponomastica delle sorgenti si riferisce generalmente alla località di emersione della falda. A differenza delle analisi condotte per le acque minerali, quelle relative alle acque per uso umano prendono in considerazione solo i parametri chimico-fisici strettamente necessari alla definizione di potabilità .

UBICAZIONE DELLE SORGENTI

Acque naturali minerali

Ad eccezione della sorgente Fons Salutis di St. Vincent, la restante parte del gruppo delle acque minerali è concentrata ai piedi del massiccio del Monte Bianco tra le località di Pré-St.-Didier e Entrèves, come riportato nelle cartine di fig. 2 e 4.

Acque naturali potabili

L'ubicazione delle acque potabili è espressamente indicata dal nome della sorgente. Si tratta praticamente di acque prelevate da fontanili situati per lo più al centro dell'abitato come quella di Lillaz, di Cogne, di Gimillan, di Epinel, di Valnontey, oppure a servizio

degli alpeggi come quella di Grauson, di Valmiana, o impiegate presso rifugi, come al rifugio Vittorio Sella in Valnontey (vedi fig. 3).

ASPETTI GEOLITOLGICI, E CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE

ACQUE MINERALI NATURALI

Sorgente La Saxe

Questa sorgente si trova ai piedi del Monte La Saxe, da cui il nome, in sinistra orografica pochi chilometri a nord di Courmayeur, al di sotto della strada statale che conduce al traforo del Monte Bianco (vedi fig. 2).

La geologia del sito in cui affiora la sorgente e il probabile bacino di alimentazione, è caratterizzata dall'insieme Mont Chétif - Mont La Saxe. Questi due monti sono inglobati all'interno dell'insieme delle falde elvetica e ultraelvetica e sono costituiti da graniti simili a quello del Monte Bianco (la facies di questo granito comprende in ordine di abbondanza i seguenti minerali: quarzo, oligoclasio, feldspato potassico e biotite. Il Kfeldspato presenta dei cristalli rettangolari, ben sviluppati di dimensioni pluricentriche), associati a porfidi riolitici con intercalazioni di graniti aplitici. A nord dell'abitato di Le Pre si incontrano dei calcari a patina chiara e degli scisti argillosi neri ricchi in noduli e aggregati di pirite.

Dal punto di vista chimico-fisico, l'acqua della sorgente La Saxe può essere definita **sulfurea** (odore di uova marcio dovuto all'idrogeno solforato H_2S). Essa presenta infatti un'elevata concentrazione in solfuri e solfati e possiede un discreto contenuto in ioni Calcio (vedi tab. 1). La presenza di questi ioni in elevate quantità, potrebbe essere legata all'esistenza dei calcari e degli scisti argillosi nel potenziale bacino alimentatore della sorgente. Gli ioni solfuro e solfato potrebbero derivare dall'alterazione della pirite FeS_2 la cui più tipica genesi è quella idrotermale. Difatti, in corrispondenza degli affioramenti dei giacimenti a solfuri si hanno spesso fenomeni di alterazione, dissoluzione e riprecipitazione piuttosto vistosi. Le acque

superficiali percolano, circolano e vengono a contatto con il giacimento e disciolgono i solfuri ossidandoli parzialmente con formazione di solfati che rendono acide le acque (l'acido solforico è un acido forte). Da queste soluzioni potranno successivamente ridepositarsi ancora dei solfuri, anche diversi da quelli primari.

Il rapporto Na/K molto sbilanciato verso il sodio è dovuto alla maggiore presenza dell'oligoclasio (è un membro dei plagioclasii ricco in albite - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - e molto povero in ortoclasio, - KAlSi_3O_8) rispetto al feldspato potassico, nella composizione mineralogica del Mont Chétif.

Sorgente Faussemagne

La sorgente Faussemagne è ubicata in destra orografica, poco a nord dell'abitato di Pré-St.-Didier. Per giungervi, occorre imboccare la strada che si diparte dal lato esterno del tornante della statale per Courmayeur, subito dopo il bivio per La Thuile. Una volta imboccata la strada, si procede costeggiando sulla destra la Dora Baltea fino a

Legenda semplificata della fig. 2

g: granito del Monte Bianco; **rmg**: microgranito porfirico dei monti La Saxe e Chétif; **tmD**: dolomie grigie a patina gialla del Trias medio; **ts**: gessi e carginole del Trias Sup.; **I**: calcari; **I_{1,5}**: calcari silicei e scisti marnosi; **I₉**: scisti argillosi neri; **J_{1,2}**: calcari silicei zonati; **J_{3,4}**: calcari argillosi satinati; **J₅**: calcari argillosi a placche; **J₆**: calcari grigio-bluastri; **p(g-mg)**: graniti e micrograniti porfirici; **Ic**: calcari spatici; **Is**: Scisti argillosi neri; **ts**: scisti argillosi, gessi, carginole, dolomie; **js**: scisti argillosi neri; **Sf**: scisti di Ferret a facies flyschioide; **h**: scisti neri del carbonifero; **r-t**: quarziti del permo-trias; **tiQ**: quarziti del trias inferiore; **tmD**: dolomie e calcari del trias medio; **tk**, **tg**: carginole e gessi del trias superiore; **cF**: flysch indifferenziato del cretaceo; **cFB**: formazione basale del flysch di Tarantasia; **cFQ**: scisti neri e quarziti verdi; **cFT**: flysch di Tarantasia s.str.; **tK**: dolomie e carginole; **h**: scisti neri del carbonifero; **h₄**: scisti e vene carboniose; **h_{4,5}**: conglomerati poligenici; **Gw**: depositi glaciali wurmiani; **Gy**: depositi glaciali post wurmiani; **Gz**: depositi glaciali attuali; **Fy**: alluvioni relativamente antiche (post-wurm); **Fz**: alluvioni attuali; **Jy**: conici di deiezione antichi e stabilizzati; **Jz**: conici di deiezione attuali; **Ey**: frane stabilizzate; **Ez**: frane attive; **E-G**: frane e depositi glaciali misti; **E-J**: conici misti.

a giungere nei pressi di un ponte con carreggiata in legno, passato il quale si prosegue sulla destra fino alla sorgente. Quest'ultima affiora in prossimità del letto della Dora (vedi fig. 2).

La sorgente è ubicata alla base di un conoide misto di depositi di frana e torrentizi, interdigitati con depositi fluviali. Il substrato è rappresentato dai litotipi appartenenti alla formazione del flysch di Tarantasia s.s.. La facies media è rappresentata da una monotona alternanza di letti decimetrici di calcari, di calcescisti e di scisti filladici neri o grigi. In affioramento, soprattutto là dove vi sono diffusi stillicidi, la roccia appare alterata e spesso presenta patine e/o incrostazioni di carbonato di calcio e di ferro di colore bruno.

Dal punto di vista chimico-fisico, l'acqua della sorgente Faussemagne può essere classificata come **bicarbonato-solfato-calcica** (vedi tab. 1).

L'abbondante concentrazione di ioni bicarbonato, ioni calcio e ioni magnesio è dovuta alla presenza, nel bacino di alimentazione, dei calcescisti i quali, tramite il già citato processo di dissoluzione chimica, cedono il Calcio e il Magnesio che sono presenti sotto forma di carbonati e, vista la presenza dello ione solfato, anche in forma di solfati di calcio e magnesio ($\text{CaMg}(\text{SO})_4$) (gessi). Alla sorgente, a causa delle mutate condizioni di pressione e temperatura, i carbonati precipitano nuovamente dando origine alle incrostazioni e liberando CO_2 . E' per questo motivo che l'acqua possiede una effervescenza naturale.

Sorgente Orrido - calda e fredda - in Pré-St.-Didier.

Le due sorgenti in questione, sono localizzate all'interno della gola, denominata "orrido", che la Dora di Verney ha inciso nel gradino di valle alla confluenza con la Dora Baltea. A tali sorgenti, vi si accede dalle vecchie terme di Pré-St.-Didier tramite un sentiero che si sviluppa in destra idrografica e che conduce sino al portale di accesso dei cunicoli realizzati per la captazione di tali acque (vedi fig. 2).

UBICAZIONE SORGENTI E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

(tratta dalla carta geologica della Valle d'Aosta - aut. Giulio Elter)

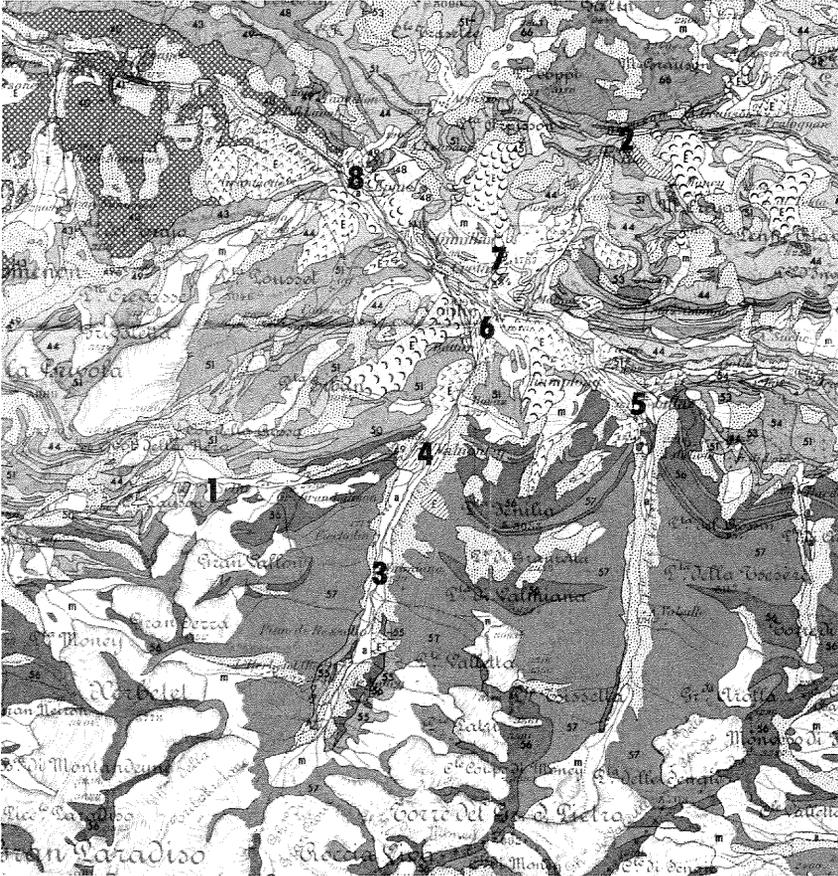


Fig. 3

- 1: Sorgente Rifugio Sella; 2: Sorgente Alpeggio Grausson; 3: Sorgente Valmiana;
4: Fontanile Valnontey; 5: Fontanile Lillaz; 6: Fontanile P.zza Munic. Cogne;
7: Fontanile Gimillan; 8: Fontanile Epinel

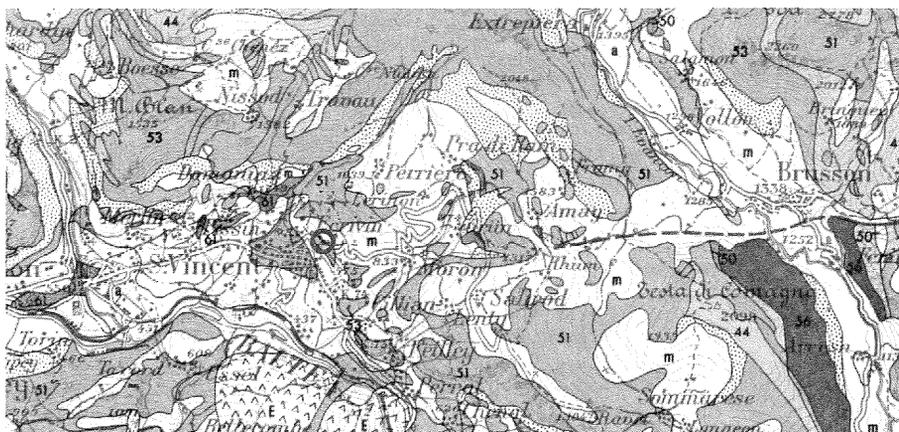
Legenda semplificata della fig. 3

40: dioriti e metadioriti quarzifere (massiccio di Valsavarenche); **43:** gneiss e micascisti ambiciti, quarziti e scisti grafitici; **44:** calcescisti; **48:** calcescisti e breccie; **49:** trias indifferenziato; **51:** prasiniti e metagabbri; **53:** serpentiniti; **54:** serpentiniti e metasedimenti associati in differenziabili; **55:** metaconglomerati e micascisti grafitici; **56:** metagraniti e gneiss granitici a grana generalmente grossa; **57:** gneiss a grana fine, micascisti e metabasiti del massiccio del Gran Paradiso; **a:** alluvioni, coni di deiezione, depositi lacustri e glaciali; **m:** depositi glaciali indifferenziati; **E:** frane.

Il contesto geo-litologico nel quale si trovano queste sorgenti è caratterizzato dal flysch cretaceo in facies calcareo-scistoso, con conglomerati e microbreccie, appartenenti alla sequenza basale delle Breccie di Tarantasia rientranti nella Zona Sion-Courmayeur o Vallesana.

Dal punto di vista chimico, le due acque, i cui punti di emergenza distano tra loro circa 20 m, presentano caratteristiche simili e possono essere classificate come acque **bicarbonato-solfato-calciche** (vedi tab. 1).

UBICAZIONE SORGENTE “FONS SALUTIS”
E INQUADRAMENTO GEOLOGICO
(tratto dalla carta geologica della Francia - foglio Monte Bianco)



○ Sorgente Fons Salutis

Fig 4

Legenda semplificata della fig. 4

44: calcescisti; **50:** trias indifferenziato; **51:** prasiniti e metagabbri; **53:** serpentiniti; **56:** metagraniti e gneiss granitici a grana generalmente grossa; **61:** gneiss generalmente a grana fine (gneiss di arolla); **a:** alluvioni, coni di deiezione, depositi lacustri e glaciali; **m:** depositi glaciali indifferenziati; **E:** frane.

L'elevato contenuto di ioni bicarbonato, solfato e calcio può essere giustificato sulla base della consueta reazione chimica di dissoluzione e precipitazione dei carbonati. Un'attenzione particolare va invece riposta alla temperatura delle due sorgenti. L'acqua denominata calda, rientrando nelle **acque termali**, possiede una temperatura variabile tra i 31°C e i 35°C, mentre la fredda varia tra i 23°C e i 25°C. Questa caratteristica fisica può essere spiegata prendendo a giustificazione il *Gradiente Geotermico*. Nel sottosuolo, la temperatura aumenta in media di circa 1°C ogni 33 m, quindi si può ipotizzare che, a partire dal bacino alimentatore, l'acqua penetri nel sottosuolo per circa 1 o 2 Km nel caso della sorgente calda, seguendo un circuito ipogeo tale da garantire un tempo di ritenzione sufficiente al suo riscaldamento. Successivamente, tale acqua risale, e quindi emerge, sia a seguito di sistemi di tipo "vasi comunicanti", sia grazie a processi di convezione dovuti al contrasto di temperatura.

L'acqua denominata fredda, possiede comunque una temperatura tale da essere classificata come **ipotermale**, ciò vuol dire che il suo circuito ipogeo è meno esteso in senso verticale, portandola a profondità massima di circa 0.5 - 1 Km.

Sorgenti Fonte Vittoria e Fonte Youla - Dolonne

Per raggiungere le sorgenti Vittoria e Youla, che distano tra loro circa 50 m, occorre percorrere la strada che risale l'abitato di Dolonne in direzione Nord-Ovest, fino in prossimità di una curva dalla quale si diparte una breve strada sterrata che conduce al vecchio stabilimento termale che sfruttava queste acque (vedi fig. 2).

Le due emergenze della falda sono ubicate in corrispondenza di un conoide alluvionale formatosi per le divagazioni del torrente Dolonne durante gli episodi di esondazione. Il potenziale bacino alimentatore delle sorgenti, si estende in senso Est-Ovest da Dolonne al monte Tête d'Arp, e in senso Nord-Sud dal Mont Chétif al Monte Brise. Molteplici sono le litofacies che costituiscono il substrato roccioso: il Mont Chétif è costituito da graniti associati a porfidi riolitici con vene di apliti, i quali sono a contatto verso sud con dei calcari e scisti argillosi neri; a Plan Chécrouit si incontrano dei cal-

cari silicei a contatto con gli scisti argillosi neri dell'Unità di Ferret. Proseguendo ancora verso Sud-Ovest, in direzione di Laruchon, si incontrano delle lenti di carnirole, talora accompagnate da argilliti, associate a gessi (trias sup.), i quali si estendono fino al monte Brise. Infine, in corrispondenza di Tête d'Arp affiora la formazione basale delle Breccie di Tarantasia.

Dal punto di vista chimico-fisico, ad eccezione dello ione carbonato e dello ione calcio, le due acque sono nel complesso simili. La sorgente Vittoria può essere definita come acqua **bicarbonato-solfato-calcica-magnesiaca**, mentre la sorgente Youla è un'acqua **bicarbonato-solfato-magnesiaca**. Il contenuto in bicarbonati risulta essere più elevato nella sorgente Vittoria rispetto alla Youla, con un rapporto di 3:1, e allo stesso modo, anche gli ioni Ca^+ sono molto più abbondanti nella Vittoria, con un rapporto di circa 50:1 (vedi tab. 1).

Sulla base delle analisi chimiche, si può dire che, in linea di massima, le acque che sgorgano dalla sorgente Vittoria, percorrono un circuito ipogeo articolato in particolar modo all'interno delle facies carbonatiche, interessando anche la formazione gessosa. Infatti, l'elevato contenuto in bicarbonati e in solfati è testimone di processi di dissoluzione di carbonati di calcio o di calcio e magnesio che in questa porzione di regione sono piuttosto abbondanti. Per ciò che riguarda la fonte Youla, come già accennato, dalle analisi condotte emerge come, in confronto alla Vittoria, il contenuto in ione calcio e in bicarbonati sia nettamente inferiore. Probabilmente, l'acqua che alimenta questa sorgente, pur effettuando un percorso ipogeo simile alla precedente, viene a contatto con un substrato per lo più gessoso, arricchendosi soprattutto in solfati piuttosto che in carbonati.

Sorgente St. Vincent Fons Salutis

La sorgente in questione rappresenta la fonte delle rinomate Terme di St. Vincent. Il complesso termale è stato costruito al di sopra di un substrato roccioso caratterizzato in questa zona dalla presenza di una lente di gneiss a grana fine e da scisti gneissici appartenenti alla Falda della Dent Blanche (gneiss d'Arolla), inglobati da serpentiniti e subordinatamente da prasiniti appartenenti alla falda Piemontese dei Calcescisti a Pietre Verdi (vedi fig. 4). Difatti, l'emer-

genza della falda, che si manifesta con la presenza di due sorgenti, sgorga a quota 670 m, in corrispondenza di una fessura presente su un affioramento roccioso posto lungo il vallone di Vagnod. Sulla base delle analisi chimico-fisiche effettuate in più periodi, è emerso che questo tipo di acqua ha un contenuto particolarmente elevato in cloruri e in sodio, in calcio e magnesio, in potassio e in solfati. Una tale composizione rispecchia grosso modo nei contenuti la composizione media dell'acqua di mare, ed infatti, si tratta sostanzialmente di un'acqua salata anche se leggermente frizzante a causa dei bicarbonati. Sulla base di tali caratteristiche quest'acqua si può definire **Bicarbonato-solfato-alcalina** (vedi tab. 1).

Dal punto di vista idrologico, dato il tipo di roccia dalla quale sgorga la sorgente, si può ipotizzare che il circuito ipogeo di questa acqua sia condizionato dalla presenza della faglia Aosta-Colle di Joux-Colle Ranzola, una struttura profonda a carattere regionale che si estende in senso est-ovest interessando gran parte del fondovalle valdostano e che mette a contatto formazioni litologiche completamente diverse, sia per natura che per provenienza. Tuttavia, essendo un'acqua fredda (temperatura media di 7.5°C) è probabile che il percorso sotterraneo sia esteso più in senso orizzontale che verticale, risentendo solo in parte del gradiente geotermico. La portata della sorgente attualmente è nell'ordine di 0.3 - 0.4 l/min.

L'elevata concentrazione di cloruro di sodio può essere motivata sulla base di due ipotesi:

- 1) Presenza in profondità di Pliocene fossile (circa 5 m.a.), ovvero di antichi depositi di materiale sedimentato in ambiente marino. A causa dell'evaporazione dell'acqua, il cloruro di sodio sarebbe precipitato concentrandosi in tali depositi. Successivamente, l'acqua infiltrandosi nel terreno viene a contatto con tali sali, sciogliendoli e portandoli in soluzione.
- 2) Acqua di origine metasomatica derivante dai processi di metamorfismo con liberazione di ioni cloruro e ioni sodio.

Caratteristiche chimiche e fisiche di alcune tipologie di acque presenti in Valle d'Aosta

Tabella n° 1 - Parametri chimico-fisici delle acque minerali

ACQUE MINERALI		S. La Saax	S. Paradis	S. Faussemagne	ST. Vincent Fons Salutis vasca n. 2	Orrido Calda sorgente n 1	Orrido Fredda sorgente n 2	F. Vittoria	F. Youla
residuo fisso a 105° C	mg/l	793	40	1213	8153	755	689		
residuo fisso a 180° C	mg/l	781	37	1179	8071	742	669	1446	1170
residuo fisso al rosso scuro	mg/l	727	35	1028		667	505		
temperatura dell'acqua	°C	12,0	3,0	11,0	7,5	31,0	23,0	10,0	5,0
temperatura dell'aria	°C	3,0	-3,0	13,0	9,0	31,0	26,0	9,8	9,8
conducibilità elettrica	uS/cm	1156	57	1700	10200	950	910	2225	1800
ph		5,97	7,48	5,43	7,46	6,86	7,76	6,32	7,26
sostanze organiche	mg/l	0,25	0,66	0,23	2,35	0,23	0,18	0,18	0,00
durezza totale	°franc	44,58	2,92	83,14	184,40	44,52	40,75	187,00	167,00
durezza temporanea	°franc	37,48	0,06	18,40	28,92	27,12	24,94	149,00	161,00
durezza permanente	°franc	7,10	2,86	64,50	155,48	17,40	15,81	9,80	6,00
alcalinità	mEq/l	4,82	0,28	10,20	51,42	6,69	5,93	88,40	30,00
anidride carbonica libera TPS	ml	19,40	0,58	122,00		35,60	12,10	166,30	4,03
anidride carbonica combinata	ml	107,60	0,76	224,00		105,00	112,10	1980,00	672,00
anidride carbonica totale	ml	127,00	1,34	346,00		141,00	124,20	2146,30	676,03
ossigeno	ml	1,65		6,83		0,41	6,71	2,84	5,56
ione ammonio NH4+	mg/l	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
ione cadmio Cd++	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione calcio Ca++	mg/l	115,00	10,10	299,60	701,76	156,48	141,64	646,25	13,23
ione cromo Cr+++	mg/l	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione cromo Cr+++++	mg/l	0,01			0,00	0,00	0,01		0,00
ione ferroso Fe++	mg/l	0,00	0,35			0,00	0,00		
ione ferrico Fe+++	mg/l	0,37		0,10	0,04	0,30	0,08	0,67	0,00
ione litio Li+	mg/l	0,34	0,00	0,65	3,05	0,07	0,06	0,00	0,00
ione magnesio Mg++	mg/l	7,30	0,81	73,20	280,00	22,00	23,00	87,65	70,50
ione manganese Mn++	mg/l	0,14	0,00	0,06	0,14	0,06	0,01	0,18	0,00
ione nichelio Ni++	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
ione piombo Pb++	mg/l	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione potassio K+	mg/l	4,70	0,77	6,21	65,14	3,26	2,97	5,36	1,64
ione rame Cu++	mg/l	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione sodio Na+	mg/l	75,80	0,54	51,70	2300,00	69,47	60,75	27,90	0,97
ione stronzio Sr++	mg/l	1,20	0,02	1,00	2,20	2,00	1,80	3,66	2,99
ione zinco Zn++	mg/l	0,01	0,00	0,04	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00
ione bromuro Br-	mg/l	0,40	0,00	0,19	7,60	0,14	0,09	0,00	0,00
ione cloruro Cl-	mg/l	71,20	0,12	74,70	1114,00	51,78	43,42	22,06	1,31
ione fluoruro F-	mg/l	0,09	0,23	0,92	1,48	0,04	0,09	1,22	1,07
ione nitrito NO2-	mg/l	0,06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
ione nitrato NO3-	mg/l	0,07	1,03	2,90	2,87	0,04	0,33	0,73	1,42
ione solfuro S--	mg/l	456,50		0,00	0,00			0,00	
ione solfato SO4--	mg/l	111,00	10,55	356,00	2770,00	209,43	189,64	1650,00	1485,00
ione fosfato PO4---	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione bicarbonato HCO3-	mg/l	294,00	16,50	662,00	2828,00	384,40	338,10	5390,00	1830,00
ione carbonato CO3-	mg/l	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	1,50

Caratteristiche chimiche e fisiche di alcune tipologie di acque presenti in Valle d'Aosta

Tabella n° 2 - Parametri chimico-fisici delle acque superficiali

ACQUE MINERALI comprensorio di Cogne		Rif. Sella	Alp. Graison Sup.	S. Valmiana - Valmontey	Font Valmontey	Font Lillaz	P.zza Munic. Cogne	Font Gimillan	Font Epinel - Cogne
residuo fisso a 105° C	mg/l								
residuo fisso a 180° C	mg/l	78	85						
residuo fisso al rosso scuro	mg/l								
temperatura dell'acqua	°C	8,0	2,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	6,0
temperatura dell'aria	°C	11,0	6,0	2,0	14,0	11,0	-6,0	6,0	17,0
conducibilità elettrica	uS/cm	120,0	130,0	96,0	32,0	36,0	170,0	249,0	160,0
ph		8,15	8,19	7,34	7,63	7,11	8,10	8,04	8,16
sostanze organiche	mg/l								
durezza totale	°franc	8,07	8,82	3,86	0,86	1,36	8,28	11,02	7,85
durezza temporanea	°franc								
durezza permanente	°franc								
alcalinità	mEq/l								
anidride carbonica libera TPS	ml								
anidride carbonica combinata	ml								
anidride carbonica totale	ml								
ossigeno	ml								
ione ammonio NH4+	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione cadmio Cd++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione calcio Ca++	mg/l	25,44	31,18	12,48	3,46	5,46	33,19	44,20	31,50
ione cromo Cr+++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione cromo Cr+++++	mg/l		0,00	0,00					
ione ferroso Fe++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione ferrico Fe+++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione litio Li+	mg/l								
ione magnesio Mg++	mg/l								
ione manganese Mn++	mg/l								
ione nichelio Ni++	mg/l								
ione piombo Pb++	mg/l	0,0000		0,0000					
ione potassio K+	mg/l								
ione rame Cu++	mg/l								
ione sodio Na+	mg/l								
ione stronzio Sr++	mg/l								
ione zinco Zn++	mg/l								
ione bromuro Br-	mg/l								
ione cloruro Cl-	mg/l	0,12	0,25	0,17	1,22	0,19	0,42	0,36	0,10
ione fluoruro F-	mg/l								
ione nitrito NO2-	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione nitrato NO3-	mg/l	0,89	1,74	0,96	1,08	1,45	2,22	0,53	1,02
ione solfuro S--	mg/l								
ione solfato SO4--	mg/l	9,33	27,63	19,19					
ione fosfato PO4--	mg/l	0,00							
ione bicarbonato HCO3-	mg/l								
ione carbonato CO3-	mg/l								

Sorgente Gran Paradiso

Questa sorgente è stata localizzata, ai piedi del massiccio del Gran Paradiso, lungo la strada sterrata che da Valnontey conduce in località Valmiana e al sentiero per il “ghiacciaio della tribolazione” (vedi fig. 3).

Le analisi chimico-fisiche effettuate sono state eseguite su esplicita richiesta di una Ditta, la quale voleva verificare se le caratteristiche di quest'acqua erano tali da poterla classificare come “minerale” e quindi sfruttabile commercialmente. Tuttavia, come ben evidenziato dai dati chimico-fisici ricavati (vedi tab. 1), risulta che si tratta di un'acqua fredda, minimamente mineralizzata, con circuito ipogeo molto superficiale. L'emergenza della falda è situata al piede di un conoide costituito da un accumulo di frana post glaciale a grossi blocchi, ad elevata permeabilità, staccatosi dalle pendici della parete rocciosa che culmina con la punta Fenilliaz. Inoltre, la coltre vegetale che si è imposta su tali depositi risulta piuttosto scarsa e, di conseguenza, anche la naturale azione filtrante esercitata dal terreno nei confronti dei batteri viene meno, pregiudicando talvolta anche la potabilità dell'acqua.

ACQUE NATURALI DESTINATE AD USO UMANO

Il gruppo delle acque naturali superficiali potabili che è stato scelto per questa conferenza, racchiude una serie di sorgenti ubicate all'interno del comprensorio di Cogne. Questa scelta è stata fatta tenendo conto sia dell'articolata ed eterogenea geologia della vallata, sia del fatto che la valle di Cogne, essendo compresa in parte all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso, è, probabilmente, la località valdostana più conosciuta e frequentata.

Le analisi esposte sono rappresentative di un gruppo di sorgenti distribuito in modo da ricoprire la parte alta della valle di Cogne. In tal modo, si è cercato di raffrontare dei dati relativi ad acque che circolano all'interno di bacini imbriferi geologicamente e morfologicamente eterogenei, nell'intento di evidenziare le eventuali

diverse caratteristiche chimico-fisiche in funzione delle litofacies con le quali l'acqua interagisce.

Sorgente Rifugio Sella

Per raggiungere il rifugio Vittorio Sella si parte dall'abitato di Valnontey e si segue il sentiero che, partendo dal giardino botanico Paradisia, si inerpica sul versante sinistro orografico. Dopo circa due ore di cammino si giunge nella conca della valle glaciale sospesa nella quale si trova il rifugio (Vedi fig. 3).

Questa valle laterale, a sviluppo est-ovest, è impostata in corrispondenza del contatto tra il massiccio del Gran Paradiso, rappresentato da gneiss occhiadini, gneiss minuti e micascisti, a sud, e la Zona Piemontese a calcescisti e pietre verdi a nord. In corrispondenza del contatto tra le due Unità, si ritrova del Trias indifferenziato, costituito sostanzialmente da calcari.

Sorgente Valmiana e Fontanile di Valnontey

Valmiana è una località situata poco a sud di Valnontey ed è costituita da un nucleo di vecchi alpeggi, oggi recuperati ed adibiti a case per villeggianti. Qui, la sorgente è a servizio di questo nucleo abitativo e serve altresì come ristoro per gli escursionisti che, giungendo da Valnontey, intendono proseguire per i sentieri che conducono sul massiccio del Gran Paradiso. Dal punto di vista geologico, l'abitato di Valmiana e la rispettiva sorgente, sono ubicati in corrispondenza della piana alluvionale che caratterizza il fondovalle ed è costituita da ciottoli e blocchi immersi in una matrice sabbioso-limosa mediamente permeabile. Lateralmente, ai piedi dei versanti, sono diffusi gli accumuli di detriti di falda, per lo più a grossi blocchi e quindi molto permeabili, frutto di più eventi franosi. A causa del diverso grado di permeabilità, l'emergenza della falda avviene al contatto tra le due diverse tipologie di depositi quaternari (vedi fig. 3).

Il fontanile di Valnontey si trova alla fine della strada asfaltata

che da Cogne conduce al suddetto abitato, in corrispondenza del ponte oltrepassato il quale si giunge al giardino Paradisia. Questa fontana è collegata all'acquedotto di Valnontey, il quale è alimentato tramite una tubazione che raccoglie le acque che emergono lungo il contatto tra il detrito di falda e i depositi alluvionali, in sinistra orografica, a metà strada tra Valnontey e Valmiana.

Fontanile Frazione Lillaz e Fontanile di ferro Piazza Municipio Cogne

Una situazione del tutto analoga alla precedente è stata riscontrata per gli acquedotti di Lillaz e di Cogne. Essi raccolgono acque di falda che emergono in corrispondenza di depositi alluvionali o di detriti di falda, situati alla base di pareti rocciose costituite dai litotipi del massiccio del Gran Paradiso e dai calcescisti a pietre verdi della Falda Piemontese (vedi fig. 3).

Fontanile Frazione Gimillan e Sorgente Alpeggio Grauson

La frazione di Gimillan è posta a circa 1785 m s.l.m. in destra orografica e sovrasta l'abitato di Cogne. Essa sorge sulla parte distale di un accumulo di frana post glaciale staccatasi dalla punta Arpisson. La litologia dei blocchi costituenti l'accumulo, oggi quasi totalmente ricoperti da una coltre di terreno vegetale, rispecchia quella del versante da cui hanno avuto origine ed è caratterizzata dalla presenza della Falda di scollamento del "Fascio di Cogne" formata da sequenze triassiche (calcari, dolomie e carnirole), e dai calcescisti a pietre verdi della Falda Piemontese. Anche in questo caso, l'acqua che sgorga dal fontanile di Gimillan è distribuita dall'acquedotto, il quale è alimentato da vasche ubicate ai piedi dell'accumulo di frana e che intercettano l'emergenza della falda al contatto con i sottostanti depositi morenici, decisamente meno permeabili (Vedi fig. 3).

Da Gimillan si segue il sentiero che porta all'interno del valone di Grauson, passando attraverso pascoli, depositi morenici e

di frana fino a giungere all'alpeggio di Grauson. Questi è ubicato alla base di una parete rocciosa, costituita da serpentiniti, e capta l'acqua di una sorgente posta immediatamente a ridosso dell'alpeggio. Probabilmente si tratta di acqua che si infiltra dai soprastanti pianori impostati su depositi glaciali e, successivamente, emerge al contatto con il substrato impermeabile.

Fontanile Frazione Epinel

L'abitato di Epinel si trova in destra orografica, rispetto alla vallata principale, a quota 1450 m circa s.l.m. Anch'esso è stato realizzato al di sopra di un accumulo di frana post glaciale staccatosi dalle sovrastanti pendici del monte Arpisson. Poco a monte dell'abitato di Epinel, in direzione nord-est, le rocce affioranti sono costituite dalle litologie tipiche del "Fascio di Cogne", ovvero calcari, dolomie e carnioli, inseriti all'interno della Falda Piemontese (vedi fig. 3).

L'acqua che alimenta il fontanile, e anche l'acquedotto, sfrutta le emergenze della falda in corrispondenza del contatto tra i depositi quaternari (permeabili), e il substrato, tendenzialmente impermeabile.

Commento ai dati chimico-fisici delle acque potabili

Osservando i dati relativi alle analisi chimico-fisiche condotte con lo scopo di verificare la potabilità delle acque destinate al consumo umano (vedi tab. 2), si può notare come nel complesso queste siano molto simili le une alle altre. Difatti, trattasi di acque superficiali, a circuito ipogeo poco esteso e con tempi di ritenzione molto ridotti, i quali non permettono all'acqua un particolare arricchimento in sali minerali. Infatti, ad eccezione del Fontanile di Valnontey e di Lillaz, le cui acque risultano particolarmente "dolci", negli altri casi il contenuto in ioni calcio e ioni cloruro sono del tutto simili. Là dove la concentrazione in ioni è più elevata, anche la conducibilità elettrica aumenta assumendo valori compresi tra i 32 uS/cm del fontanile di Valnontey e i 249 uS/cm del fontanile di Gimillan.

Infine, sulla base del contenuto in ioni calcio, si può tuttavia evidenziare come questi sia maggiore nelle acque dei fontanili di

Gimillan, di Epinel, e della sorgente Alpeggio Grauson, ovvero in quelle località che sorgono su terreni a litologie prevalentemente carbonatiche, come i calcescisti della Falda Piemontese e i calcari e le dolomie del Fascio di Cogne.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dai dati fin qui esposti, e dal raffronto tra le caratteristiche delle acque minerali e quelle destinate al consumo umano, si può evidenziare quanto segue:

- 1) Le acque minerali, anche quelle fredde, possiedono un circuito ipogeo con tempi di ritenzione tali da permettere all'acqua di espletare la sua azione aggressiva nei confronti delle rocce con cui viene a contatto, arricchendosi in quei sali minerali che le attribuiscono delle proprietà talora curative.
- 2) Le caratteristiche chimiche delle acque minerali rispettano, in linea di massima, la composizione mineralogica delle rocce con le quali vengono a contatto; quindi a rocce diverse corrispondono acque diverse. Al contrario, le acque più superficiali, a prescindere dalla geologia del bacino imbrifero, tendono ad uniformarsi avendo il medesimo contenuto in sali minerali, sia in qualità che in quantità, a causa dell'elevata velocità di deflusso che ostacola l'azione di dissoluzione dell'acqua. Tuttavia, nelle Sorgenti del Rifugio Sella e dell'alpeggio Grauson si riscontra la presenza di solfati dovuti all'affioramento di carnirole e gessi Triassici all'interno del bacino imbrifero, rocce facilmente solubili.
- 3) In entrambe le tipologie di acque, sia minerali che potabili, il componente maggiormente diffuso è lo ione calcio (Ca^+). Esso deve la sua abbondanza alla elevata solubilità in acido carbonico, e alla presenza come componente mineralogico di rocce molto diffuse in Valle d'Aosta.
- 4) La durezza totale media delle acque potabili oscilla tra $0,86^\circ \text{F}$ e $11,02^\circ \text{F}$. In particolare, le acque del Fontanile di Valnontey

- e di Lillaz sono ascrivibili alle acque “dolcissime” (durezza totale fino a 7° F), le restanti acque sono classificabili come “dolci” (durezza totale da 7 a 15° F). Tutte le acque minerali esaminate, ad eccezione della sorgente Gran Paradiso che rientra nelle acque “dolcissime”, risultano del tipo “durissime” (oltre i 35° F).
- 5) Mentre le acque potabili sono mediamente neutre ($\text{pH} \cong 7$), alcune acque minerali risultano leggermente acide (Sorgente La Saxe, Sorgente Faussemagne, Sorgente Orrido Calda, Sorgente Vittoria) a causa della presenza in soluzione di bicarbonati e di solfati.

APPENDICE

Alcune notizie sull'impiego delle acque minerali della Valle d'Aosta

Sulla base delle notizie ricavabili dal trattato del medico chirurgo Auguste Argentier nel suo “Courmayeur e Pré-St-Didier: leurs bains, leurs eaux et leurs environs” del 1864, si riporta quanto segue:

Le acque minerali di Pré-St-Didier

Nello stabilimento di Pré-St-Didier le acque venivano sia bevute, sia impiegate per fare dei bagni sia delle docce. In generale gli effetti delle acque sullo stato fisico sono:

- 1) Tonifica l'apparato digestivo; eccita l'appetito e attiva l'assimilazione. Tuttavia, l'acqua bevuta in grandi quantità causa dolori a l'epigastro e cefalee
- 2) L'apparato circolatorio migliora sensibilmente. Il cuore batte con più forza e frequenza, la pressione aumenta e il sistema muscolare guadagna più forza ed elasticità;
- 3) L'apparato respiratorio diventa più eccitabile, la dilatazione dei

- 3) L'apparato respiratorio diventa più eccitabile, la dilatazione dei polmoni è più ampia e l'aria è più facilmente assimilata;
- 4) Migliora l'apparato genito urinario e stimola la diuresi;
- 5) A seguito dei bagni, la pelle diventa ruvida al tatto, probabilmente a causa dell'azione dei minerali manganese-ferruginosi e al solfato di calcio contenuti nell'acqua.

Malattie trattate con successo

- 1) Reumatismi cronici;
- 2) Paralisi con o senza atrofie muscolari;
- 3) Lunghe convalescenze nelle malattie gravi;
- 4) Le ulcere;
- 5) Recupero della mobilità di arti dopo fratture;
- 6) Lo scorbuto;
- 7) Favorisce la formazione di cicatrici e un rinforzo di quelle esistenti.

Le acque minerali di La Saxe

Anche le acque minerali di La Saxe venivano impiegate in uno stabilimento termale risultando curative nei casi di:

- 1) Infezioni vie respiratorie;
- 2) Difficoltà digestive e problemi genito-urinari;
- 3) Pellagra;
- 4) Effluorescenze cutanee;
- 5) Artrite;
- 6) Sciatica;
- 7) Reumatismi acuti;
- 8) Aumenta la secrezione delle mucose e dei bronchi;
- 9) Laringiti, bronchiti e tracheiti;
- 10) Asma.

L'acqua minerale Vittoria

“...dandogli questo nome, si è voluto senza dubbio rendere giustizia alle numerose guarigioni che opera ogni giorno...”

Risulta efficace nei casi di:

- 1) Debolezza di stomaco con o senza irritazione;
- 2) Infiammazioni delle viscere del basso ventre;
- 3) Scorbuto;
- 4) Certi casi di sterilità;
- 5) Amenorrea
- 6) Catarro
- 7) Problemi genito-urinari.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

TALENTI MARIO - *Idrologia generale e crenologia* -1970

ARGENTIER AUGUSTE - *Courmayeur et Pré-St-Didier: leurs bains, leurs eaux & leurs environs* - 1864

CASTELLINO GIORGIO - *Ricerche sui parametri fisico-chimici di alcune acque sorgive dell'alta valle di Cogne (Aosta)* - Société de la Flore Valdôtaine

ELTER GIULIO - *Carte Géologique de la Vallée d'Aoste* - 1987

Carte géologique de la France à 1/50000 - Mont Blanc

IDROGEOLOGIA E IDROGEOCHIMICA DELLE AREE MONTANE

MAURO FALCO

Geologo - Funzionario tecnico

presso l'Amministrazione Provinciale di Vercelli - Settore Pianificazione Territoriale

ANDREA MORELLI

Geologo Libero Professionista - Torino

1.- Introduzione

Lo spopolamento delle nostre montagne, in atto dall'immediato dopoguerra, se da un lato ha causato un progressivo abbandono di quelle forme di manutenzione delle aree montuose, che ha inciso in maniera negativa sul fragile equilibrio geomorfologico dei versanti, dall'altro ha generalmente consentito di salvaguardare le caratteristiche quali-quantitative delle risorse idriche sotterranee da un impatto negativo inevitabilmente legato ad un forte carico antropico.

Nelle aree di pianura, al contrario, la forte urbanizzazione ed industrializzazione del territorio, unitamente al massiccio utilizzo di prodotti chimici di sintesi nell'agricoltura intensiva, ha comportato un uso indiscriminato e non sempre corretto delle risorse idriche sotterranee, causandone un impoverimento soprattutto dal punto di vista qualitativo.

Negli ultimi anni è stata adottata una politica ambientale finalizzata allo "sviluppo sostenibile" sia in ambito scientifico che normativo.

In tal senso ci si riferisce ad una politica e ad una strategia che perseguano lo sviluppo economico e sociale senza arrecare un danno all'ambiente e alle risorse naturali, dalle quali dipende il futuro della società, cioè la possibilità delle future generazioni di soddisfare le proprie esigenze.

In questo senso la Comunità Europea, per quanto riguarda le risorse idriche, tende a svolgere una funzione finalizzata a prevenire l'inquinamento delle acque di superficie e delle acque sotterranee, in modo da garantire una fonte sufficiente per l'estrazione di acqua potabile, e garantire l'equilibrio tra domanda e disponibilità di acqua mediante un uso ed una gestione più razionale delle risorse idriche.

Tali normative a livello comunitario, recepite e trasposte nelle normative dei singoli Stati, prevedono comunque obiettivi ad ampio respiro e tempi lunghi; nell'immediato risulta pertanto di fondamentale importanza la salvaguardia delle risorse idriche attualmente disponibili, cercando di evitare ogni ulteriore danno alla risorsa.

L'opera di salvaguardia, pertanto, deve necessariamente basarsi su un bagaglio di dati e conoscenze tecniche che risultano sufficientemente chiari e disponibili per le aree di pianura, in quanto aree caratterizzate da situazioni idrogeologiche relativamente conosciute, mentre per le aree montuose, a causa della maggiore complessità del contesto idrogeologico di riferimento, il bagaglio culturale scientifico risulta decisamente limitato.

Allo stato attuale, sulla base delle conoscenze tecnico - scientifiche sinora disponibili, un corretto approccio alla materia dovrebbe prevedere una metodologia di indagine basata sulla ricostruzione dell'assetto idrogeologico di dettaglio, sulla conoscenza di importanti fattori, quali la quantità degli apporti meteorici ed il regime di portata delle sorgenti, sulla caratterizzazione idrogeochimica delle acque sotterranee, sull'adozione di adeguati interventi di tutela e salvaguardia della risorsa.

2 - Modalità di circolazione idrica sotterranea nelle aree montane

Nelle aree montane, la modalità di circolazione idrica nelle rocce dipende essenzialmente dalla capacità delle stesse di contenere e veicolare acqua.

Con il termine "roccia", si intendono sia gli ammassi rocciosi compatti o meno, tipici dell'ambiente alpino o collinare, sia tutti i depositi sciolti presenti nelle zone pianeggianti di fondovalle, sia le placche di depositi glaciali o detritici presenti sui versanti.

Sulla base di tali premesse, le rocce possono essere suddivise in due principali categorie:

- rocce permeabili in piccolo o permeabili per porosità;
- rocce permeabili in grande o permeabili per fessurazione.

Nelle prime, che di regola corrispondono alle rocce sciolte (ghiaie e sabbie), lo spazio che può essere occupato dall'acqua è legato alla presenza, tra i granuli, di vuoti di piccole dimensioni (da millimetriche a submillimetriche): tali vuoti sono intercomunicanti tra di loro, e permettono quindi la circolazione dell'acqua.

Sotto il profilo idrogeologico, le rocce caratterizzate dalla presenza di vuoti in continuità spaziale tra di loro vengono chiamate acquiferi. Quando all'interno di un acquifero i vuoti si presentano saturi di acqua, significa che l'acquifero contiene una falda idrica: la superficie della zona saturata di acqua viene definita come superficie piezometrica della falda idrica.

La permeabilità di tali rocce, ovvero la possibilità di lasciarsi attraversare dall'acqua in movimento, è funzione della dimensione e della continuità spaziale di tali vuoti.

Nelle seconde, che corrispondono di norma alle rocce compatte (calcari, graniti, gneiss, ecc.), la presenza di fessure consente la penetrazione e la circolazione sotterranea dell'acqua, la quale può riapparire in superficie sotto forma di sorgente.

Si tratta quindi di una circolazione circoscritta esclusivamente alle zone fessurate. In altri termini, l'acqua circola esclusivamente entro un limitato reticolato di fessure, comprese in un mezzo completamente impermeabile.

Tra le rocce permeabili per fessurazione, in base al grado di solubilizzazione della roccia da parte dell'acqua in movimento, è possibile individuare alcune situazioni particolari:

- nel caso di rocce solubili all'azione dell'acqua (calcari e gessi essenzialmente), si parla di rocce a permeabilità crescente nel tempo, in conseguenza dell'allargamento delle fessure con il progredire del fenomeno di dissoluzione della roccia stessa (fenomeno del carsismo);
- al contrario, si parla di rocce a permeabilità decrescente nel tempo (calcescisti essenzialmente), nel caso in cui il progressi-

vo intasamento delle fessure da parte dei minerali argillosi, che rappresentano il residuo del fenomeno di messa in soluzione della frazione carbonatica contenuta nei calcescisti, causa la progressiva diminuzione del grado di permeabilità.

Nelle aree montane, sono riferibili alle rocce permeabili per porosità sia le zone di fondovalle, che i depositi sciolti presenti sui versanti (depositi glaciali, coni e fasce detritiche, conoidi e depositi alluvionali, accumuli di frana); le rocce affioranti ed il substrato roccioso sono invece rocce permeabili per fessurazione.

Le possibilità di reperimento idrico nei due settori, in conseguenza di questa differente situazione geoidrologica, fanno capo, da una parte, allo sfruttamento delle falde idriche sotterranee, tramite pozzi perforati all'interno dei depositi di fondovalle, dall'altra, alla captazione delle sorgenti sui versanti vallivi.

3 - Classificazione delle sorgenti

Con il termine sorgente, si intende un punto della superficie topografica in corrispondenza del quale si osserva la venuta a giorno naturale di acque sotterranee.

Le sorgenti vengono di norma distinte in:

- sorgenti normali, caratterizzate da temperatura e chimismo normale (le più comuni)
- sorgenti termali, caratterizzate da temperatura elevata
- sorgenti minerali, caratterizzate da chimismo particolarmente elevato
- sorgenti termo - minerali, caratterizzate da temperatura e chimismo elevati.

Dal punto di vista quantitativo, inoltre, è possibile distinguere tra sorgenti perenni e sorgenti temporanee, a seconda che la venuta a giorno delle acque sia continua nel tempo o vada incontro ad interruzioni nel corso dell'anno.

Le sorgenti vengono inoltre differenziate a loro volta in 8 classi,

sulla base del valore della portata di magra annua.

Concentrando l'attenzione sulle sorgenti normali, in quanto rappresentano il caso maggiormente diffuso, e tralasciando pertanto le sorgenti termali, le sorgenti minerali, e le sorgenti termo-minerali, in quanto legate a condizioni geo-strutturali e geochimiche particolarmente complesse e legate a fattori locali, è possibile distinguere tre tipologie principali di sorgente sulla base dell'assetto idrogeologico, strutturale e topografico:

- sorgenti per limite di permeabilità
- sorgenti per soglia di permeabilità
- sorgenti per affioramento della superficie piezometrica.

Si parla di sorgenti per limite di permeabilità quando è possibile individuare una superficie più o meno regolare che separa due complessi idrogeologici, caratterizzati da differente grado di permeabilità (Fig. 1): può essere questo il caso di depositi sciolti permeabili su di un substrato roccioso compatto impermeabile, oppure della sovrapposizione tra litotipi diversi e conseguentemente caratterizzati da differente grado di permeabilità, oppure da diverse condizioni di permeabilità che caratterizzano il medesimo litotipo, dovute ad un differente grado di fratturazione dello stesso.

Le acque verranno a giorno in corrispondenza di tale piano di separazione, generando una sorgente singola od una serie di sorgenti.

Nel caso in cui, unitamente a differenti condizioni di permeabilità, l'elemento caratterizzante è rappresentato da particolari condizioni geo - strutturali, si parla di sorgenti per soglia di permeabilità.

Il caso più semplice (Fig. 2) è rappresentato da una serie di terreni impermeabili che limitano sia lateralmente che inferiormente la formazione acquifera; in questo caso la sorgente sarà impostata in corrispondenza di tale soglia di permeabilità, e le acque di infiltrazione dovranno saturare il mezzo acquifero fino ad un livello superiore rispetto alla stessa soglia, per poter venire a giorno sulla superficie topografica.

Quando l'elemento caratterizzante è invece rappresentato dall'assetto topografico, è possibile parlare di sorgenti per affioramento della superficie piezometrica.

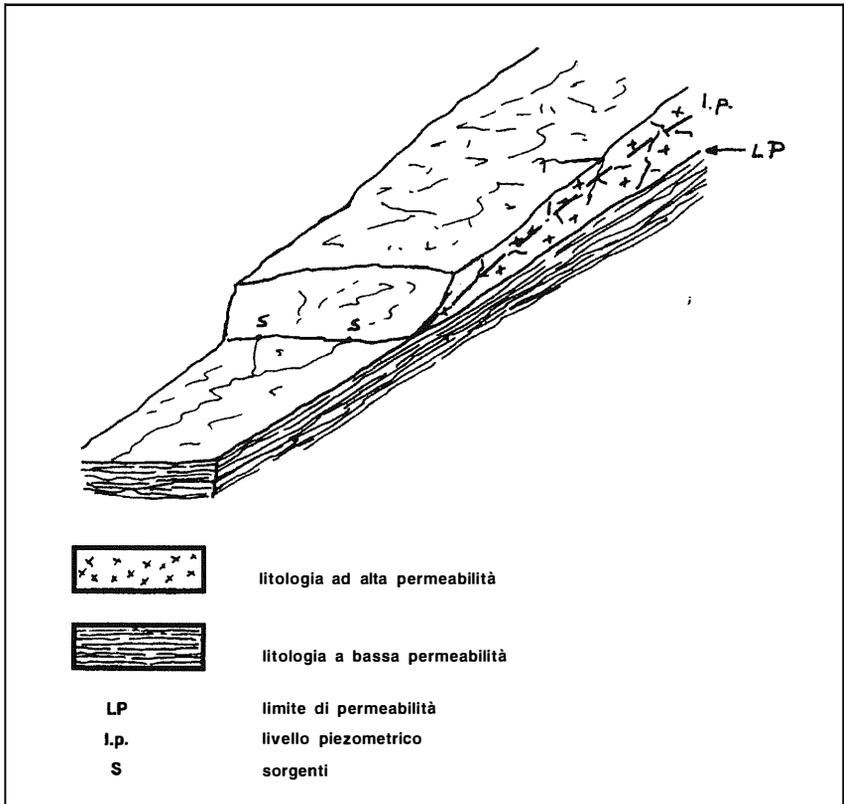


Fig. 1 - Sorgenti per limite di permeabilità

In questo caso, la presenza di sorgenti sarà legata al sovrapporsi dell'azione degli elementi morfogenetici su di una situazione idrogeologica definita e preesistente.

Nel caso di terreni abbastanza potenti, estesi e permeabili da contenere una falda idrica (Fig. 3), un progressivo abbassamento della superficie topografica (ad esempio, per erosione o per frane) può portare la superficie topografica stessa ad intersecare la superficie piezometrica; in quel punto si genererà una sorgente o un allineamento di sorgenti.

Un caso comune può essere quello di una placca di depositi sciolti presente su di un versante, caratterizzata da una serie di sorgenti per

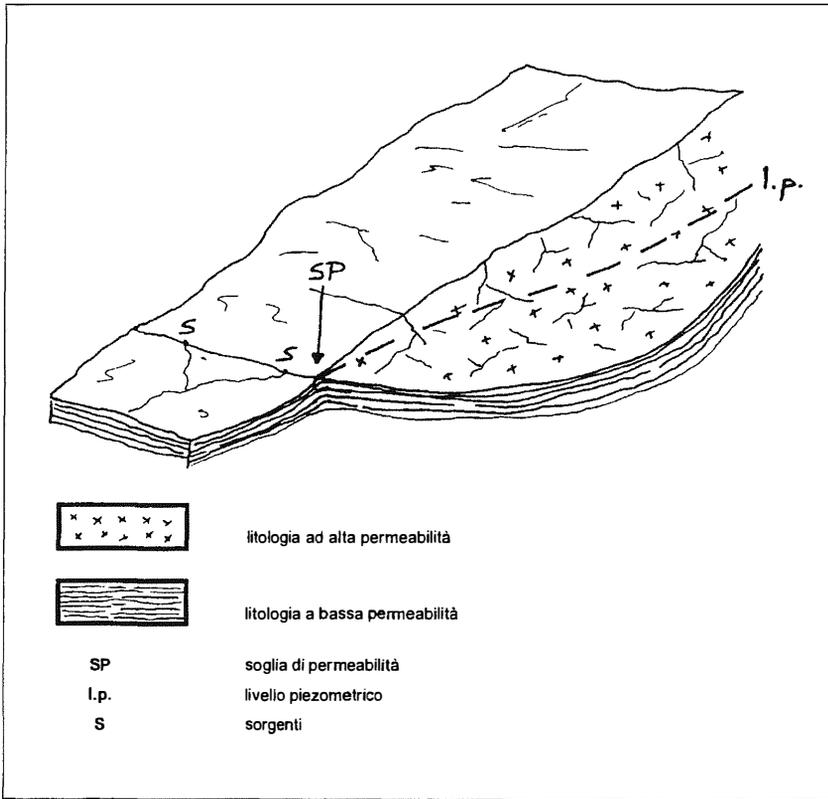


Fig. 2 - Sorgenti per soglia di permeabilità

affioramento della superficie piezometrica in corrispondenza di una scarpata morfologica, o semplicemente, di un cambio di pendenza della superficie topografica, o della nicchia di distacco di una frana.

4 - Metodologia per il calcolo quantitativo delle riserve idriche

Dal punto di vista del corretto utilizzo delle sorgenti, è indispensabile conoscere l'assetto idrogeologico e l'idrodinamica delle acque sotterranee. In questo modo si può garantire il massimo sfruttamento

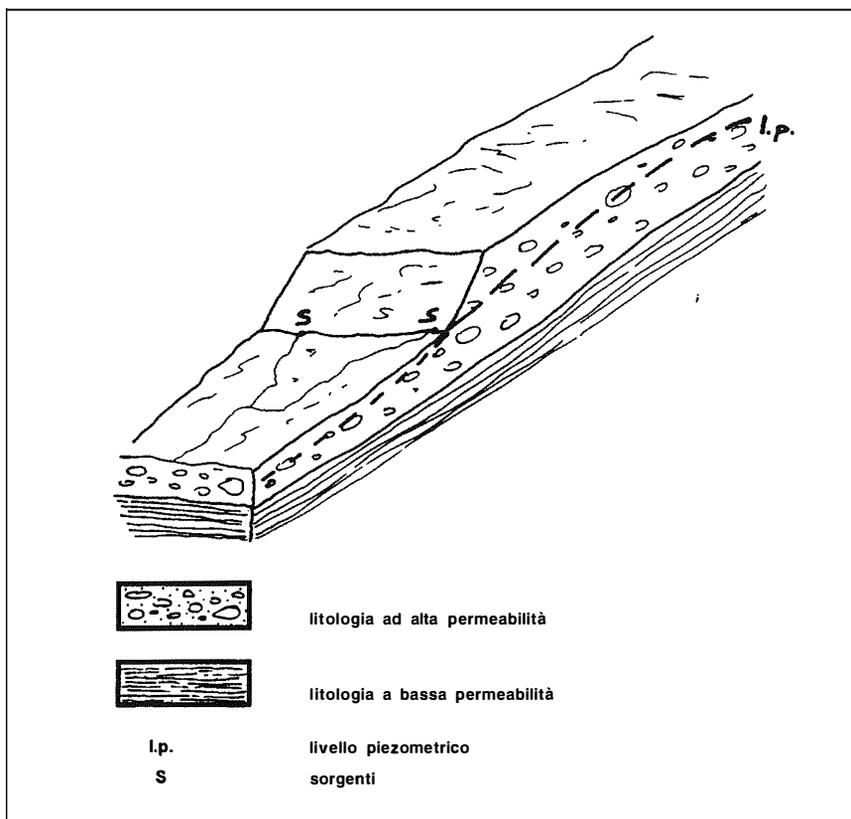


Fig. 3 - Sorgenti per affioramento della superficie piezometrica

senza depauperare né la capacità produttiva delle sorgenti, evitando di sottrarre più acqua di quanta se ne infiltri, né le caratteristiche idrochimiche naturali delle acque, assicurando una protezione efficace dal punto di vista dell'inquinamento.

A tale scopo è necessario venire a conoscenza di alcuni fattori, quali:

- l'area di alimentazione, la struttura acquifera e le condizioni di infiltrazione;
- la quantità degli apporti meteorici;
- il regime della sorgente (portata, temperatura e chimismo delle acque sorgentizie).

Area di alimentazione

Per delimitare l'area di alimentazione di una sorgente è necessario non solo definire quali sono gli spartiacque morfologici del bacino, ma anche gli spartiacque sotterranei. Questi ultimi sono individuabili solo per mezzo di uno studio dettagliato dell'assetto geologico dell'area, attraverso:

- il rilievo geologico dei litotipi che caratterizzano l'area;
- il rilievo strutturale dei corpi geologici che interessano la zona in esame (necessario per individuare le vie e le direzioni preferenziali di movimento delle acque nei corpi rocciosi);
- le indagini geognostiche (perforazioni meccaniche) e geofisiche del sottosuolo (prospezioni indirette attraverso la registrazione di emissioni elettriche o di onde sismiche emesse da esplosioni provocate) per approfondire meglio il punto precedente;
- l'impiego di traccianti chimici, coloranti e radioattivi per verificare i tempi di percorrenza delle acque e quindi la loro velocità di movimento.

Il prodotto finale di questa prima fase sarà la stesura di una carta idrogeologica della zona in esame, nella quale vengono riportate le caratteristiche litologiche e di permeabilità dei corpi rocciosi, la presenza di altre sorgenti, le opere di presa già esistenti, le direzioni di flusso della falda (per le rocce sciolte) o della rete di flusso (per le rocce fessurate) che alimenta la sorgente.

Questa prima fase di studio permette di inquadrare la sorgente in una delle classi proposte, precedentemente descritte.

Quantità degli apporti meteorici

Successivamente alla delimitazione dell'area di alimentazione della sorgente sarà necessario attrezzarla con una o più stazioni meteorologiche per la misurazione in continuo delle precipitazioni della temperatura e del grado di umidità.

Regime della sorgente

Contemporaneamente alle indagini che vanno svolte per caratterizzare l'area di alimentazione della sorgente è necessario che essa sia posta sotto controllo periodico. Si dovranno misurare costantemente la portata della sorgente, la temperatura e il chimismo delle acque.

La periodicità delle misure varierà a seconda della portata, del tipo di sorgente, del tipo e del grado di permeabilità dell'acquifero.

Per sorgenti di tipo normale di piccola e media portata, la periodicità delle misure di portata e temperatura potrà avere cadenza quindicinale, mentre per le analisi chimiche si potrà procedere due volte all'anno in concomitanza dei periodi di magra e di piena.

Per sorgenti di tipo normale ma di grande portata, per quelle minerali e termominerali sarà necessaria l'installazione di una stazione di misurazione fissa e registrazione automatica della portata, della temperatura e delle caratteristiche chimiche principali (conducibilità, salinità, durezza, pH ecc.).

I dati ottenuti da periodi più o meno lunghi di registrazione (minimo un anno) presso le stazioni meteorologiche (dati pluviometrici e termometrici) e dalla sorgente (portata e chimismo) permetteranno, riportati su appositi diagrammi, di visualizzare il regime idrologico, termico e chimico nel tempo e le variazioni che questi regimi subiscono in funzione delle precipitazioni per ottenere infine il valore dell'infiltrazione effettiva (infiltrazione efficace).

Dai dati relativi alle portate, è possibile inoltre calcolare per ogni anno il valore dell'indice di variabilità. Questo indice fornisce informazioni sul grado di variabilità annuale nella portata di una sorgente, e viene espresso in valori percentuali: più questo valore è basso, più la portata della sorgente risulta essere costante nel tempo e conseguentemente più affidabile per l'approvvigionamento idrico.

Sempre attraverso i dati relativi alla portata posti in appositi diagrammi in funzione del tempo, si possono ricavare le curve di esaurimento. Esse si riferiscono al periodo dell'anno secco, cioè quel periodo durante il quale le scarse piogge influiscono poco o nulla sul rendimento dell'acquifero per cui l'approvvigionamento idrico è garantito solo dall'acqua immagazzinata nell'acquifero durante la stagione piovosa.

Per mezzo di alcune valutazioni analitiche è quindi possibile definire la cosiddetta capacità di immagazzinamento dell'acquifero alimentatore. Sulla base del valore medio, ottenuto da periodi di misurazione della capacità di immagazzinamento di vari anni, si potrà dimensionare l'opera di presa e pianificare le opere di distribuzione senza peraltro sfruttare impropriamente la sorgente.

La conoscenza di questi parametri (curva di esaurimento e volumi immagazzinati dall'acquifero) risulta quindi di fondamentale importanza per la previsione delle portate di magra e dei volumi di acqua potenzialmente disponibili e conseguentemente per la gestione corretta delle risorse idriche.

Opere di presa

Dalle indicazioni raccolte durante lo studio idrogeologico si può successivamente passare al dimensionamento e alla scelta tipologica dell'opera di presa che risulta rivestire un aspetto maggiormente ingegneristico.

Le linee generali per la realizzazione delle opere di captazione delle sorgenti riguardano essenzialmente la necessità di raggiungere la sorgente geologica, ovvero il punto dove l'acqua scaturisce effettivamente dalla roccia acquifera in posto. In effetti quasi sempre la scaturigine è ricoperta da materiale detritico che occlude alla vista il punto di fuori uscita dalla roccia dell'acqua e fa sì che l'acqua si disperda in molteplici punti. La captazione viene di norma racchiusa in un manufatto che contiene la vasca di sedimentazione, nella quale l'acqua giunge direttamente dalle scaturigini e vi abbandona eventuali materiali in sospensione, e la vasca di carico, dalla quale partono le opere di derivazione.

5 - Idrogeochimica delle risorse idriche

Lo studio delle caratteristiche chimiche delle acque sotterranee riveste una grande importanza dal punto di vista idrogeologico, in

quanto consente di definire la distribuzione delle risorse idriche dei bacini alpini, in funzione di una loro corretta gestione; attraverso tale studio è possibile ricostruire l'origine delle acque e la loro evoluzione dal punto di infiltrazione nel sottosuolo fino al punto di captazione.

Lo studio idrogeochimico relativo alle emergenze sorgentizie che caratterizzano i bacini alpini, dovrebbe venire articolato attraverso varie fasi, comprendenti il campionamento delle emergenze idriche presenti, l'analisi di laboratorio sulle acque campionate, l'interpretazione dei dati idrochimici in sintonia con il contesto geolitologico.

Un esempio di tale metodo di indagine è stato applicato nello studio delle risorse idriche della Valle Cenischia (Valle Susa, Alpi Occidentali).

La Val Cenischia è impostata a cavallo di due distinte unità geostrutturali, il Massiccio d'Ambin (zona Brianzonese) sulla destra orografica, e la Formazione dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zona Piemontese) sulla sinistra orografica.

Per meglio comprendere i rapporti intercorrenti tra le caratteristiche chimico - fisiche delle acque e le caratteristiche geolitologiche delle rocce serbatoio, i litotipi presenti sono stati riuniti in gruppi, tenendo conto più delle affinità litologiche, e quindi di composizione mineralogica e chimica, che non della pertinenza strutturale (Fig. 4).

La presenza dei depositi quaternari distribuiti sui versanti (depositi glaciali, accumuli di frana) e soprattutto la loro composizione, gioca un ruolo importante per quanto riguarda la mineralizzazione delle acque che li attraversano.

Per lo studio idrogeochimico delle acque sotterranee, sono stati analizzati campioni prelevati da 45 sorgenti distribuite su entrambi i versanti della Valle Cenischia; su ogni campione sono stati determinati i principali parametri chimico - fisici.

Lo studio idrogeochimico ha evidenziato che, per quanto concerne le caratteristiche chimico - fisiche, le acque sotterranee presentano una buona qualità.

Sono infatti risultate acque dolci per quanto riguarda la durezza, e con un contenuto in solfati e cloruri generalmente basso. Anche la concentrazione dei nitrati presenta valori bassi, generalmente inferiori

a 3 mg/l (la normativa italiana sulle caratteristiche di qualità delle acque destinate al consumo umano, includendo i nitrati tra i parametri indesiderabili, pone come valore guida 5 mg/l e come concentrazione massima ammissibile 50 mg/l). La presenza di concentrazioni superiori a tale valore, anche se di poco, è legata a zone dove l'attività antropica, collegata soprattutto all'agricoltura ed alla zootecnia, può generare un certo impatto. Si tratta comunque di forme di inquinamento estremamente localizzato e limitato, ed interessanti modeste estensioni di territorio.

Sulla base dei dati analitici delle acque, sono state individuate due facies idrochimiche principali: facies solfato - calcica e facies bicarbonato - calcica.

Alla facies solfato - calcica appartengono acque alimentate da circuiti impostati in litotipi essenzialmente evaporitici (gessi) o negli accumuli di frana costituiti prevalentemente da elementi calcareo-gessosi.

Alla facies bicarbonato - calcica appartiene la maggior parte delle acque della zona; esse provengono prevalentemente da sorgenti impostate in corrispondenza sia di zone di fratturazione delle rocce cristalline che di contatti tra litotipi differenti (sorgenti per limite di permeabilità), e subordinatamente all'interno dei depositi glaciali e degli accumuli di frana (sorgenti per affioramento della superficie piezometrica).

Dal punto di vista del loro utilizzo, è emerso che una maggiore affidabilità quali-quantitativa è garantita dalle sorgenti per limite di permeabilità, caratterizzate da facies bicarbonato - calcica.

6 - Protezione e salvaguardia delle risorse

Per quanto riguarda la protezione e la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee, la normativa vigente (D.P.R. 24 maggio 1988 n° 236 "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n° 183 ", modificato dall'art. 21 del D. Lgs. 11 maggio 1999 n° 152 "Disposizioni sulla tutela delle

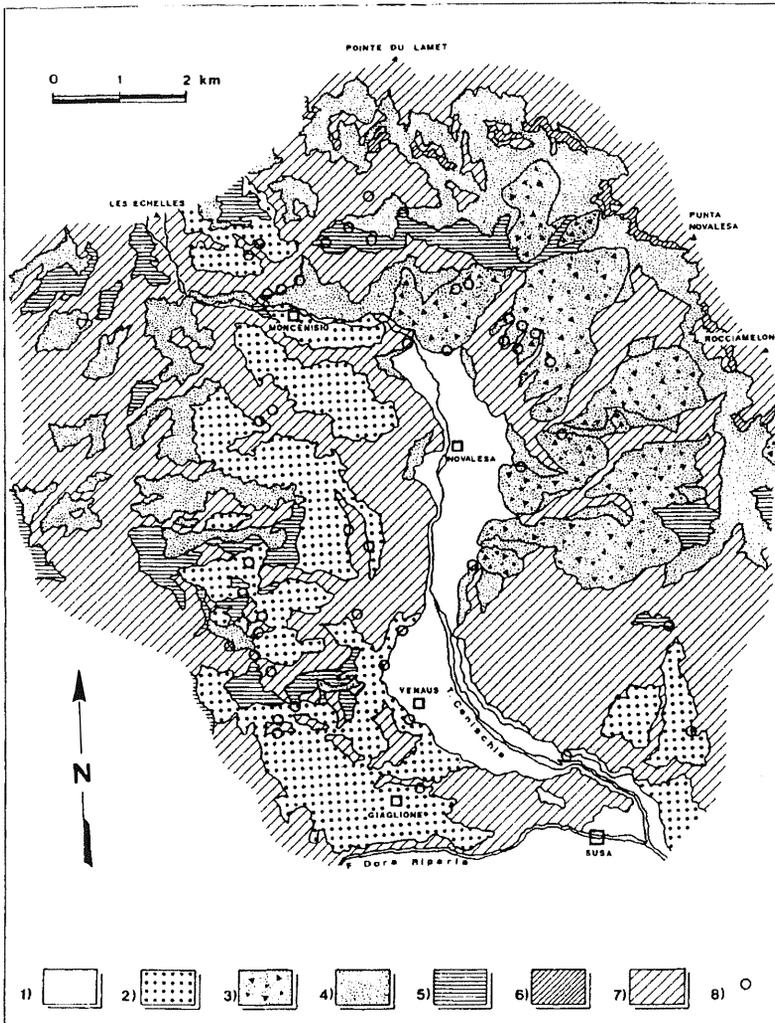
acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”) prevede l'istituzione, attorno alle opere di captazione, di aree di salvaguardia, distinte in Zona di Tutela Assoluta e Zona di Rispetto, a sua volta suddivisa in Zona di Rispetto Ristretta e Zona di Rispetto Allargata in relazione alla vulnerabilità della risorsa idrica.

Per quanto riguarda la Zona di Tutela Assoluta, viene individuata con criterio geometrico come una fascia di raggio almeno pari a 10 metri, adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente all'opera di presa e ad infrastrutture di servizio.

Per quanto riguarda la Zona di Rispetto, all'interno della quale sono regolamentate diverse attività e destinazioni d'uso, tra le quali la dispersione di reflui, fanghi e liquami anche se depurati, l'accumulo di concimi organici, ed altre attività caratterizzate da un potenziale impatto negativo sulla qualità delle acque sotterranee, appare evidente l'importanza del monitoraggio costante nel tempo di alcuni importanti fattori, quali la quantità degli apporti meteorici ed il regime di portata delle sorgenti.

L'insieme di tali fattori consentirà di visualizzare il regime idrologico della sorgente, e le sue variazioni in funzione delle precipitazioni per ottenere il valore dell'infiltrazione effettiva (infiltrazione efficace), e le curve di esaurimento delle sorgenti, riferite al periodo durante il quale le scarse precipitazioni influiscono relativamente poco sul rendimento dell'acquifero, per cui l'approvvigionamento idrico è garantito prevalentemente dall'acqua immagazzinata nell'acquifero durante la stagione piovosa.

Sulla base di tali parametri, unicamente alla ricostruzione di dettaglio dell'area di alimentazione delle sorgenti, sarà possibile individuare un corretto dimensionamento dell'area di salvaguardia dell'opera di captazione, che garantisca una efficace azione di tutela della risorsa idrica senza penalizzare l'utilizzo del territorio circostante.



- 1) Conoidi e depositi alluvionali, ad elevata permeabilità per porosità, distribuiti sul fondovalle;
- 2) Depositi glaciali, a permeabilità per porosità da buona a mediocre;
- 3) Accumuli di frana, ad elevata permeabilità per porosità;
- 4) Coni e fasce detritiche, ad elevata permeabilità per porosità;
- 5) Calcari, calcari dolomitici, gessi e carnirole, a grado di permeabilità variabile per fessurazione e carsismo;
- 6) Livelli calcarei e marmorei della Formazione dei Calcescisti, a limitate condizioni di permeabilità per fessurazione e carsismo;
- 7) Gneiss e micascisti, quarziti e calcescisti, termini vari delle Pietre verdi: rocce praticamente impermeabili o permeabili per fratturazione;
- 8) Sorgenti

Fig. 4 - Carta idrogeologica della Valle Cenischia

BIBLIOGRAFIA

- BORTOLAMI G., MASCIOTTO L., MORELLI DI POPOLO A. (1991): *Indagini idrogeochimiche sulle emergenze idriche in Valle Cenischia*. Boll. Museo Reg. Sc. Nat., Torino, Vol. 9, n. 1, pp. 189-210.
- CIVITA M. (1973): *Schematizzazione idrogeologica delle sorgenti normali e delle relative opere di captazione*. Mem. e Note Ist. Geol. Applic. Napoli, 12.
- FRANCANI V. (1988): *Idrogeologia generale*. Ed. C.L.U.P., Milano.
- REPUBBLICA ITALIANA (1988): *Decreto del Presidente della Repubblica* 24 maggio 1988, n. 236
- D.P.R. 24 maggio 1988 n° 236 “Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell’art. 15 della legge 16 aprile 1987, n° 183”.
- REPUBBLICA ITALIANA (1999): Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”.

LE ACQUE CARSICHE: STUDIO, UTILIZZAZIONE E TUTELA

GUIDO PEANO

*Stazione Scientifica di Bossea C.A.I. Cuneo
Comitato Scientifico Centrale del C.A.I.*

Lo studio delle acque circolanti nelle rocce carbonatiche ed in quelle solfatiche (formazioni gessose), costituisce, per le peculiari caratteristiche degli acquiferi carsici, un settore particolarmente importante dell'idrogeologia, sia sul piano della ricerca scientifica che su quello della valorizzazione e tutela delle risorse.

Le rocce carbonatiche, costituite essenzialmente da calcari e dolomie rivestono in questo ambito un ruolo preponderante per la loro diffusione ed estensione, per la frequenza e consistenza dei flussi idrici che le attraversano e per le dimensioni dei sistemi acquiferi. Pertanto, ai fini di una semplificazione del discorso, verrà privilegiata in questa sede la trattazione delle circolazioni carsiche che si verificano in tali formazioni.

I SISTEMI CARSICI

Le acque di precipitazione pluvio-nivale che si infiltrano dalla superficie nei calcari fratturati, immediatamente o nel periodo del disgelo, vengono trasferite alle risorgenze tramite i sistemi acquiferi carsici. Questi costituiscono complesse strutture sotterranee, spesso di estesissimo sviluppo (fino a decine o centinaia di chilometri lineari), articolate nel caso più comune in un insieme di grandi e piccoli condotti, di vasti o modesti invasi e di fitti ed estesi reticoli di frat-

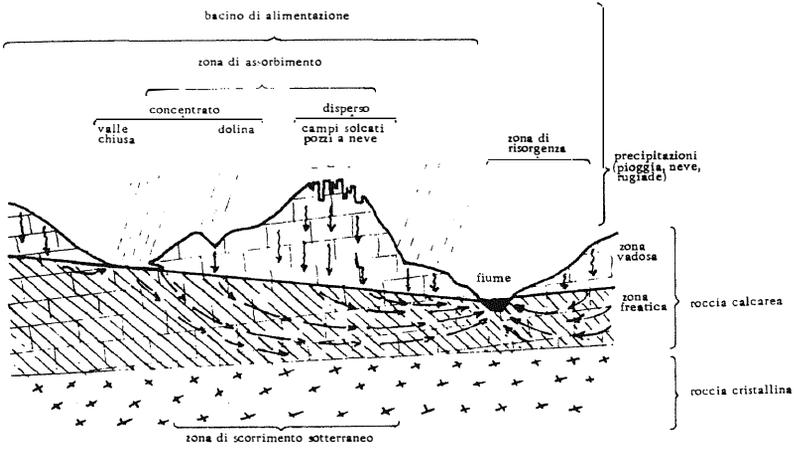
ture allargate dalla dissoluzione chimica, che possono interessare l'intero spessore del massiccio carbonatico.

In un sistema carsico l'azione chimica delle acque meteoriche infiltratesi nel terreno e del biossido di carbonio in esse contenuto allarga progressivamente, con la soluzione della roccia carbonatica, le discontinuità ivi presenti (faglie, diaclasi, giunti di stratificazione), creando condotti di differenti dimensioni ed importanza. In linea generale questi tendono a realizzare successive confluenze con la discesa delle acque verso le zone più profonde del massiccio, divenendo man mano più grandi e meno numerosi e aumentando progressivamente la propria portata, fino a concentrare l'intero flusso in pochi importanti dreni interdipendenti, o in unico grande dreno denominato collettore principale. Questi condotti terminali convogliano infine le acque alla risorgenza.



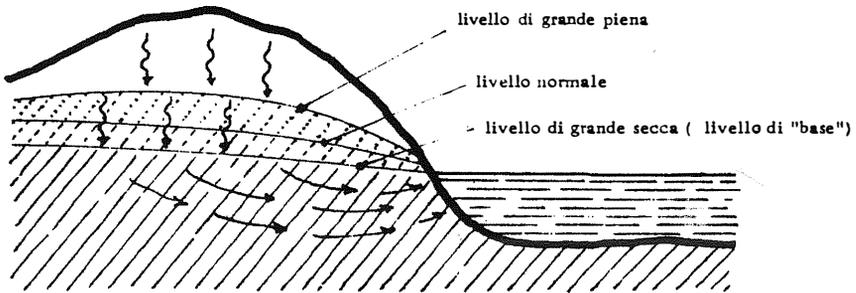
Un collettore ipogeo in condizioni di magra (Grotta del Caudano, Frabosa Sottana, Alpi Liguri)

IDROLOGIA DI UN MASSICCIO CALCAREO



Vanin A., 1972

LIVELLO DI FALDA



Vanin A., 1972

Tale gerarchizzazione dei dreni determina il riaffioramento di acque assorbite in estesi bacini imbriferi in una sola emergenza o in un gruppo di emergenze appartenenti ad un unico apparato di risorgenza.

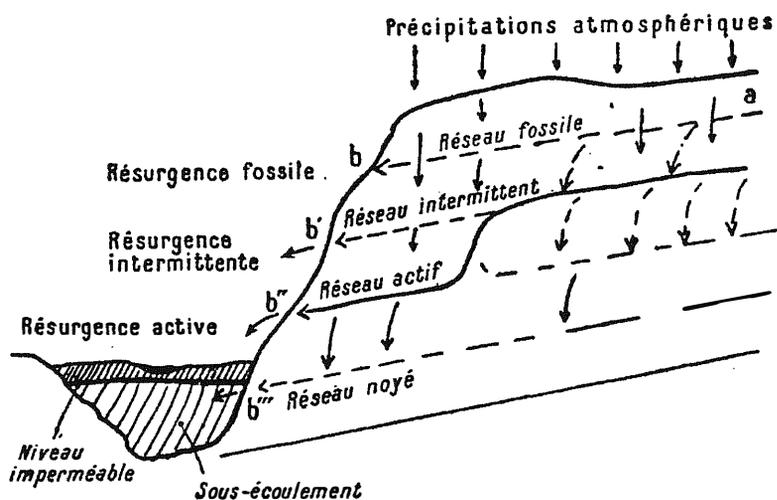
Le acque arrestano la loro discesa verso il basso incontrando i livelli impermeabili del massiccio (di norma le rocce metamorfiche sottostanti i calcari) e si accumulano fino ad una certa altezza occupando tutti i vuoti e gli interstizi intercomunicanti della roccia carbonatica, costituendo così la zona satura o falda freatica. La superficie superiore di questa, situata ad altezza variabile a seconda degli apporti infiltrativi stagionali, è denominata livello di falda o superficie piezometrica. Tutti i condotti e gli invasi sottostanti tale livello rimangono pertanto completamente sommersi, mentre quelli sovrastanti saranno solo parzialmente occupati dalle acque.

Le risorgenze sono per lo più ubicate al contatto dei calcari con le rocce impermeabili, o comunque in corrispondenza di marcate riduzioni del grado di permeabilità della roccia, possibili anche nei carbonati per la riduzione dell'intensità della fratturazione o per l'intasamento delle fratture ad opera di materiali insolubili.

I VOLUMI IDRICI IN TRANSITO E LE RISERVE REGOLATRICI

Nei calcari fratturati le acque di precipitazione si infiltrano in misura assai rilevante grazie alla forte permeabilità del suolo ed alle possibilità di rapido drenaggio interno. Alle nostre latitudini le acque meteoriche assorbite in un sistema carsico, residuanti dall'evapotraspirazione e dal ruscellamento superficiale, possono costituire a seconda delle condizioni locali, fra il 30% ed il 60% della precipitazione totale. Valori di infiltrazione di tali entità sono comunque di gran lunga superiori a quelli riscontrabili in qualsiasi altro tipo di roccia.

Per le ragioni suddette transitano nelle falde carsiche e scaturiscono dalle risorgive volumi idrici di solito non riscontrabili negli altri tipi di falde, a parità di tempo, di estensione del bacino di alimentazione e di condizioni climatiche. Gran parte dei sistemi carsici funziona tuttavia non solo come via di trasferimento, ma anche come



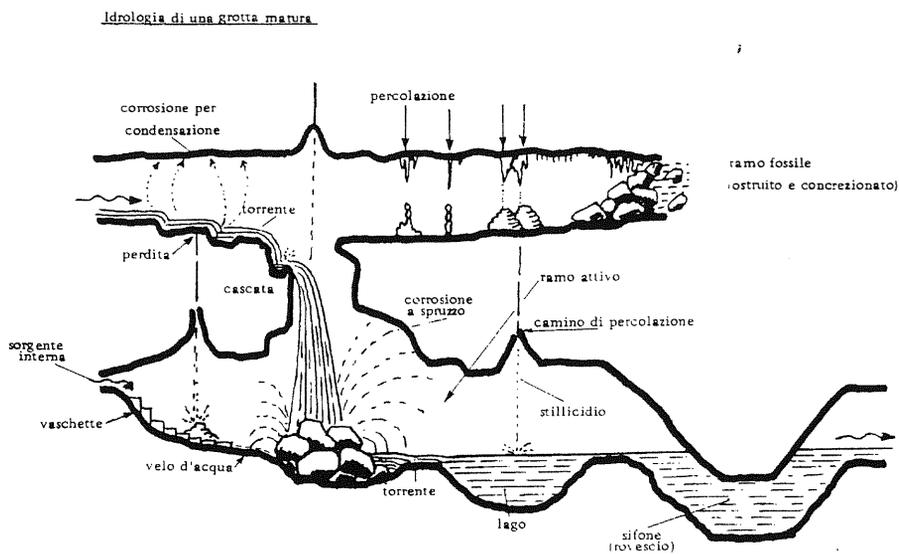
Circulation de l'eau dans une masse calcaire
(inclinaison des strates vers l'aval)

Trombe F., 1973

sede di accumulo della risorsa idrica; infatti una quota rilevante delle acque assorbite viene immagazzinata in serbatoi collaterali ai dreni principali della zona di trasferimento e negli estesi reticoli di diaclasi, costituendo una riserva che viene poi trasferita gradualmente alle risorgive mantenendovi una portata consistente anche nelle stagioni più secche. Pertanto le sorgenti alimentate da acquiferi carsici così strutturati possono essere captate in acquedotti urbani, come avviene in più regioni d'Italia.

Una miglior comprensione dell'entità dei volumi idrici emergenti dagli acquiferi carbonatici può derivare da una più precisa conoscenza della geografia dei sistemi carsici. Questi possono avere grandissima estensione spaziale con enorme sviluppo in ogni direzione del complesso dei condotti, invasi e microcondotti: è stato infatti calcolato che in un massiccio calcareo ben carsificato un chilometro cubo di roccia possa giungere a contenere fino ad alcune decine di chilometri lineari di grandi e piccoli dreni e di fratture imbibite e progressivamente allargate dalla corrosione chimica delle acque

(carsificazione). E' da ciò deducibile l'importanza dei volumi idrici in gioco, che in acquiferi di rilevante estensione possono raggiungere diversi milioni di metri cubi annui.



Vanin A., 1972

LE GROTT E LO STUDIO DEI SISTEMI CARSIICI

Come risulta dalla situazione suesposta gli acquiferi carbonatici, a differenza di quelli situati in altri tipi di rocce permeabili, presentano frequentemente delle vere e proprie strutture architettoniche caratterizzate da ambienti ipogei di dimensioni anche imponenti. Tali strutture costituiscono le grotte, spesso percorribili dall'uomo, articolate in gallerie, cunicoli, saloni, pozzi e camini, frequentemente ancora

percorse da circolazioni idriche perenni (in situazioni di sistema carsico attivo) o altre volte prive di flussi continuativi o periodici (nel caso di sistemi ormai fossili o che hanno approfondito fortemente il proprio livello di drenaggio). Le cavità in oggetto sono comunque interessate, nella quasi totalità dei casi, da percolazioni e stillicidi, provenienti dalle fratture della massa rocciosa sovrastante, che possono costituire una rilevante componente del flusso totale dell'acquifero e che, in adatte condizioni, costruiscono le formazioni, concrezionali.

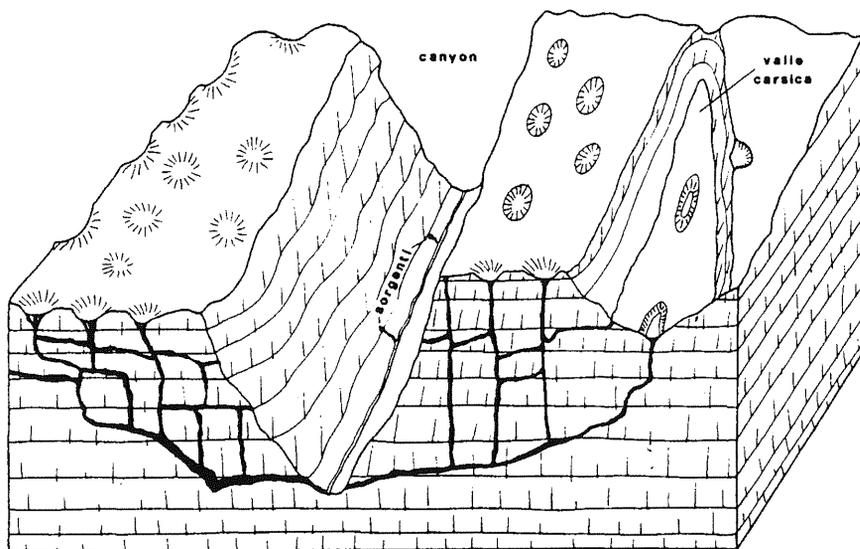
Le grotte offrono pertanto a speleologi e ricercatori una frequente possibilità di accesso, anche per lunghi tratti, nell'interno degli acquiferi carsici attivi, consentendone uno studio particolarmente approfondito difficilmente praticabile in altri tipi di falde. I vantaggi da ciò derivati sono assai rilevanti anche agli effetti dell'utilizzazione delle acque carsiche per uso potabile, con captazione delle sorgenti negli acquedotti urbani.

LE VIE DELL'ACQUA

L' INFILTRAZIONE DI SUPERFICIE: CARSI NUDI E CARSI COPERTI

Le acque superficiali si infiltrano nei calcari secondo differenti modalità in rapporto alle caratteristiche geotettoniche e litologiche del massiccio, alla quota della superficie carsica ed alla situazione climatica dell'area. Si distinguono a tali effetti due principali tipologie di superficie carsica: i carsi nudi, caratterizzati da un assorbimento estremamente disperso, e i carsi coperti in cui si verifica un assorbimento prevalentemente concentrato in importanti punti idrovori.

I carsi nudi, situati nelle Alpi Occidentali quasi sempre in alta quota, sono privi di copertura arborea od arbustiva. Grandi distese di rocce nude e fessurate, caratterizzate da tipiche microforme di dissoluzione quali i campi carreggiati, si alternano con sottili suoli umiferi ricoperti da una bassa cotica erbosa ove sono talora presenti brevi solchi idrici quasi sempre asciutti. L'infiltrazione delle acque di

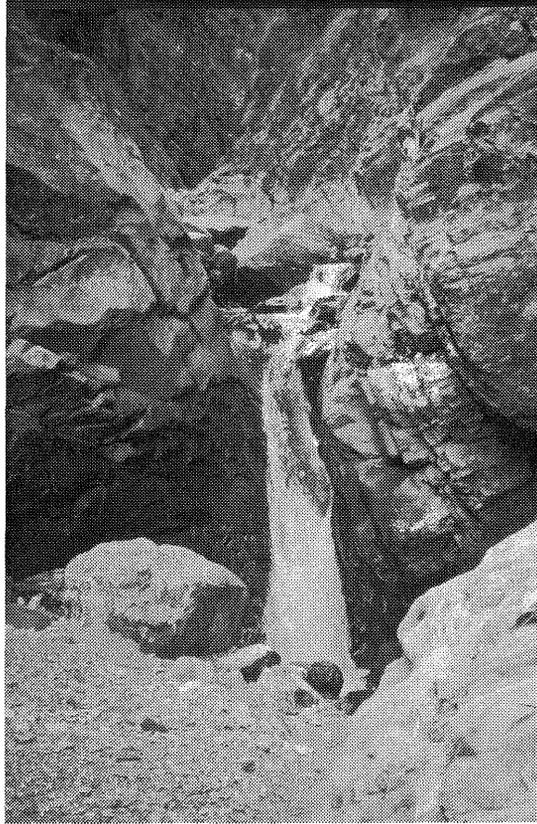


Stereogramma di un altopiano carsico a doline, inciso da un canyon attivo (percorso da un fiume) e da una valle carsica asciutta, con doline assorbenti sul fondo

Maifredi G., Perna G., 1978

precipitazione o di fusione nivale interessa tutta la superficie del massiccio, con assorbimento immediato o quasi immediato (dopo breve scorrimento sulle cotiche erbose) attraverso la miriade di fratture ed i numerosi punti idrovori che caratterizzano questo tipo di carso. Questi ultimi sono costituiti da doline, inghiottitoi, pozzi a neve, ecc., ove ha luogo un assorbimento più concentrato.

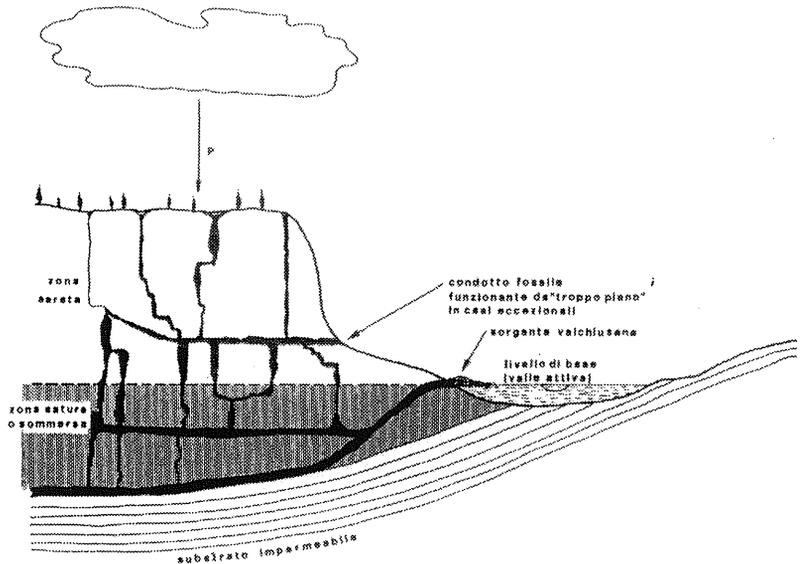
I carsi coperti sono diffusi nelle aree carbonatiche di quota medio-bassa. La superficie della roccia è prevalentemente coperta da humus e detriti, derivanti dalla dissoluzione superficiale dei carbonati o dalla gelifrazione. (depositi eluvio-colluviali o crio-nivali), su cui si è spesso installata una rigorosa vegetazione prativa o boschiva. Sono spesso presenti modesti solchi idrici abitualmente attivi, frequentemente interessati da perdite alveari. Qui è prevalente l'assorbimento concentrato in un numero limitato di importanti punti idrovori (doline, inghiottitoi, infiltrazioni alveari). L'assorbimento disperso mantiene tuttavia un ruolo ancora rilevante, anche se arealmente più limitato.



Un inghiottitoio carsico in alveo torrentizio, in condizioni di minima portata.

IL DRENAGGIO IPOGEO: MODALITA' GENERALI

Nella zona più alta di un massiccio carsificato l'infiltrazione idrica segue percorsi prevalentemente verticali e le acque non occupano in genere l'intera sezione dei condotti o delle diaclasi, ma circolano in presenza di aria (scorrimento vadoso). La situazione può modificarsi in occasione di infiltrazioni di eccezionale entità e di ingente innalzamento della superficie piezometrica. Nella zona più bassa, ove subentrano condizioni di falda freatica, lo sviluppo dei condotti ed i percorsi delle acque sono prevalentemente suborizzontali: tale andamento presentano infatti i grandi collettori che recapitano le acque alle risorgenze.

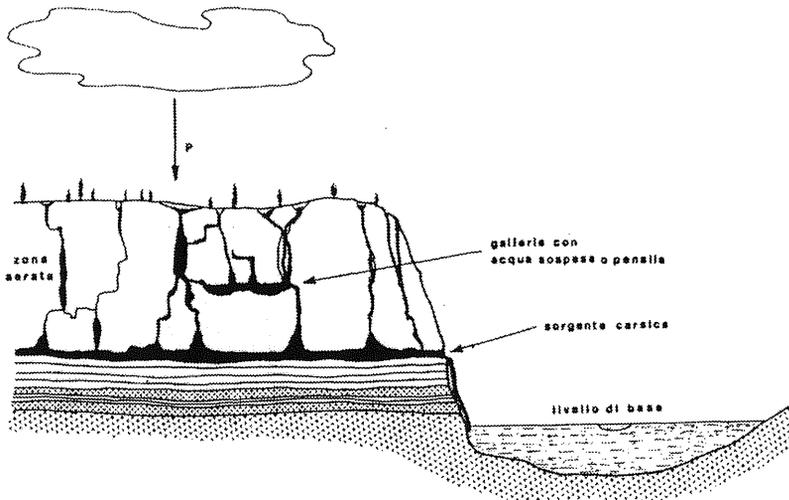


Rappresentazione schematica della zona aerata e della zona saturo di un sistema carsico (Maifredi P., Perna G., 1978)

In linea generale i sistemi acquiferi carsici sono caratterizzati da una forte variabilità del regime, legata all'entità della infiltrazione, con portate massime che spesso superano di venti o trenta volte le minime e possono giungere, in determinati casi, anche a 100 volte tanto. In altre situazioni, come vedremo in seguito, la portata degli acquiferi carsici può tuttavia presentare variazioni molto più contenute.

Idrodinamica dei sistemi carsici: grandi e piccoli dreni

Il transito delle acque nei dreni principali ed in particolare nei collettori terminali avviene, in genere, a velocità piuttosto elevata, data la grande sezione dei condotti e la scarsità di ostacoli. La



Quando il substrato impermeabile si trova sopra il livello di base (rappresentato dal fondovalle), manca la zona satura. Si può verificare anche il caso, non certo frequente, di gallerie con acqua pensile

Maifredi P., Perna G., 1978

velocità può essere rallentata dalla presenza di grandi invasi o di tratti sifonanti con sezioni ridotte direttamente su tali assi di deflusso. Nei serbatoi collaterali (denominati anche bacini annessi) le acque riducono fortemente la loro velocità e possono talora essere quasi stagnanti con debolissimi movimenti di scambio con i dreni principali.

Con la crescita della portata, può salire fortemente la velocità delle acque in rapporto all'aumento della pressione a monte. In caso di massivi incrementi dell'infiltrazione vengono mobilitate per pistonaggio anche le acque dei bacini annessi che si riversano nell'asse centrale del sistema modificandone notevolmente il contenuto in sali minerali. Il tempo necessario per il transito del flusso idrico dall'assorbimento alla risorgenza può pertanto ridursi fortemente in tali situazioni, con variazioni, al limite, da un periodo di qualche settimana ad uno di poche ore.

Molto più lento è il transito nei piccoli condotti, nelle fratture ed in particolare nelle leptoclasti ove il movimento idrico può essere qualche volta addirittura di tipo capillare e richiedere per il trasferimento delle acque periodi di parecchi mesi o addirittura di anni, avvicinandosi in questo caso alle velocità di deflusso che si riscontrano nei mezzi porosi e nelle diaclasi delle rocce cristalline.

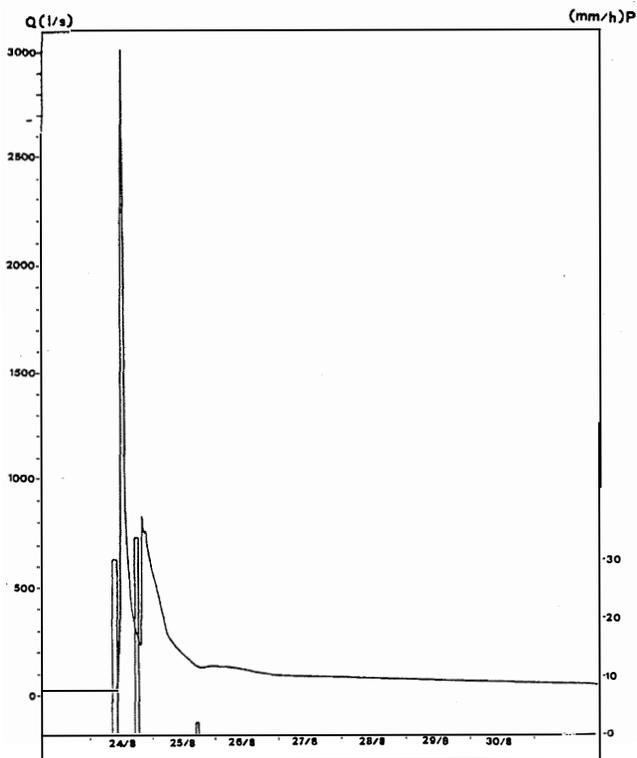
Mentre il gettito dei dreni più importanti sosterrà in particolare le grandi portate dei periodi di piena, le riserve accumulate nei serbatoi collaterali, nei piccoli dreni ed in particolare nei reticoli di fratture manterranno prevalentemente le portate di minima tramite un deflusso lento e protratto.

TIPOLOGIE DELLE RETI DI DEFLUSSO

Nei sistemi carsici sono state individuate differenti tipologie della rete di deflusso che possono essere schematizzate secondo tre modelli concettuali di base (Civita et al., 1991): rete a dreno dominante; rete a dreni interconnessi; rete a circolazione dispersiva.

Le circolazioni negli acquiferi carbonatici sono spesso più complesse rispetto ai proposti modelli. Sono più volte presenti situazioni intermedie ove nell'ambito di uno stesso sistema possono coesistere diverse tipologie della rete di drenaggio. I tre modelli di base possono tuttavia costituire punti fondamentali di riferimento per la descrizione di qualsiasi sistema carsico, essendo le caratteristiche idrodinamiche e geochimiche intimamente legate al tipo di drenaggio prevalente.

Rete a dreno dominante - E' reperibile in masse rocciose interessate da un ridotto numero di importanti fratture, ove alcuni grandi collettori trasferiscono molto rapidamente le acque d'infiltrazione alla risorgenza. La risposta agli eventi infiltrativi è pertanto velocissima e massiva con raggiungimento di altissimi picchi di portata. Sono quasi assenti le riserve idriche legate alla presenza di serbatoi collaterali e non esiste una effettiva zona satura ma soltanto alcuni settori sommersi (tratti sifonanti) dei condotti principali. Pertanto si



idrogramma relativo alla piena del 24 agosto 1987 della sorgente delle Vene.

Vigna B., 1990

verifica una drastica riduzione del flusso con la cessazione dell'infiltrazione. Le portate sono quindi estremamente variabili con minime spesso esigue e massime, come anzidetto, elevatissime. La repentina caduta dei valori dei parametri idrochimici alla risorgenza, in occasione di nuovi intensi apporti esterni, testimonia il rapido arrivo di acque di neoinfiltrazione.

Reti di drenaggio di questo tipo, anche per le scarsissime possibilità di autodepurazione delle acque, sono inadatte ad una captazione per uso potabile.

Un esempio di sistema carsico riferibile, nelle grandi linee, a questo modello di deflusso è quello delle Vene-Fuse, che drena le acque

assorbite nell'area del Mongioie (Alpi Liguri) ed ha le sue risorgenze in prossimità di Viozene (alta Valle Tanaro). Il sistema ha un elevatissimo indice di carsificazione con presenza di grandi condotti caratterizzati da un rapidissimo drenaggio e da un'estrema variabilità della portata. Le misure effettuate nella zona terminale del collettore (entro la Grotta delle Vene) hanno evidenziato variazioni di portata fra 25-30 litri/secondo (minime caratteristiche in particolare del periodo invernale) e 4000-5000 litri/secondo (massime tipiche in particolare del periodo primaverile), con rapidissimi passaggi (spesso nel giro di qualche ora soltanto) dai valori più bassi a quelli più elevati, in occasione di violente precipitazioni e/o di massivo scioglimento nivale, e quasi altrettanto rapide decrescite.

Rete a dreni interdipendenti - E' tipica delle masse rocciose mediamente fratturate, con discontinuità non distribuite omogeneamente e allargate in misura differente dall'azione delle acque.

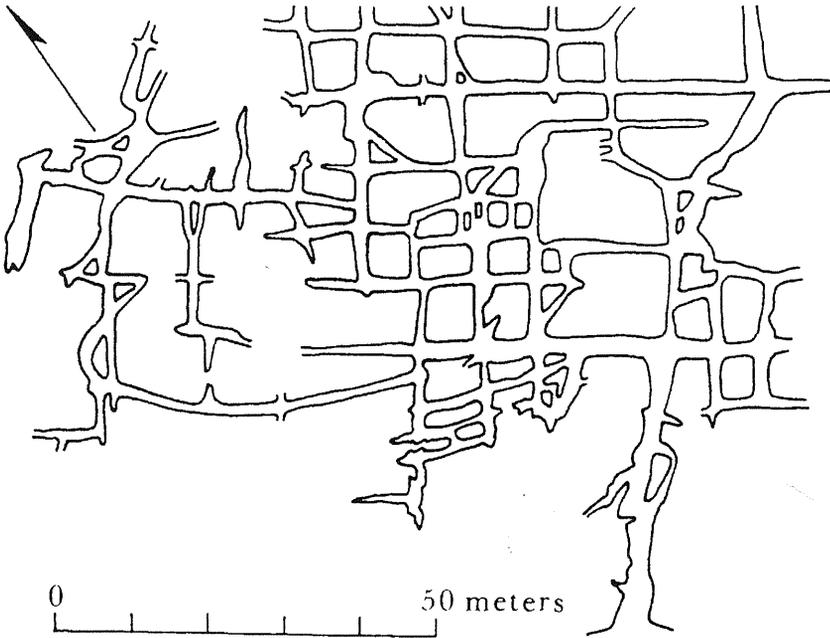
Esiste in questo caso una vasta zona satura, strutturata in un complesso di condotti, invasi e fratture variamente collegati, articolate in numerosi sottosistemi interconnessi e delimitata da una superficie piezometrica alquanto irregolare in rapporto alle diverse situazioni locali della fratturazione. Qui ha luogo un rilevante accumulo di riserve idriche, atte al mantenimento di una consistente alimentazione della risorgenza anche nelle stagioni più asciutte. Le portate presentano, in genere, minore variabilità rispetto al precedente modello di rete di drenaggio, ma si verificano ancora piene molto importanti, collegate ai maggiori eventi infiltrativi. Il raggiungimento dei valori massimi è tuttavia solitamente più lento, e più graduale è la riduzione del flusso conseguente alla fine dell'evento, con mantenimento di una portata apprezzabile anche in assenza protratta di infiltrazione.

I valori dei parametri idrochimici registrano nel primo periodo degli eventi di piena un aumento rilevante, legato al pistonaggio delle acque che hanno stazionato a lungo nei sistemi interconnessi. La successiva riduzione dei predetti valori testimonia l'arrivo delle acque di neoinfiltrazione.

Questo tipo di rete di deflusso può meglio prestarsi ad una utilizzazione delle acque per il rifornimento dei centri abitati, anche in relazione alle maggiori capacità di autodepurazione conseguenti ad un drenaggio più prolungato.

Gli acquiferi carbonatici riferibili a questa tipologia di drenaggio sono probabilmente quelli di più frequente riscontro da parte degli speleologi o dei ricercatori.

Fra questi riveste grande interesse il sistema carsico di Bossea che, drena le acque assorbite in una vasta area compresa fra il centro sciistico di Prato Nevoso, nella Valle Maudagna, ed il Torrente



Un modello veridico di rete a dreni interdipendenti è offerto da questa fitta rete di condotti carsici intersecantisi, impostata su un preesistente reticolo di fratture allargate dalla dissoluzione chimica della roccia carbonatica (Planimetria della Hamilton Cave, West Virginia, USA; William E. Davies, 1978)

Corsaglia. Le risorgenze sono ubicate nell'alveo del Corsaglia, sotto l'ingresso della famosa grotta turistica costituente il settore terminale del sistema carsico. Nella cavità sono installati i laboratori di ricerca della Stazione Scientifica di Bossea, deputati allo studio delle acque carsiche.

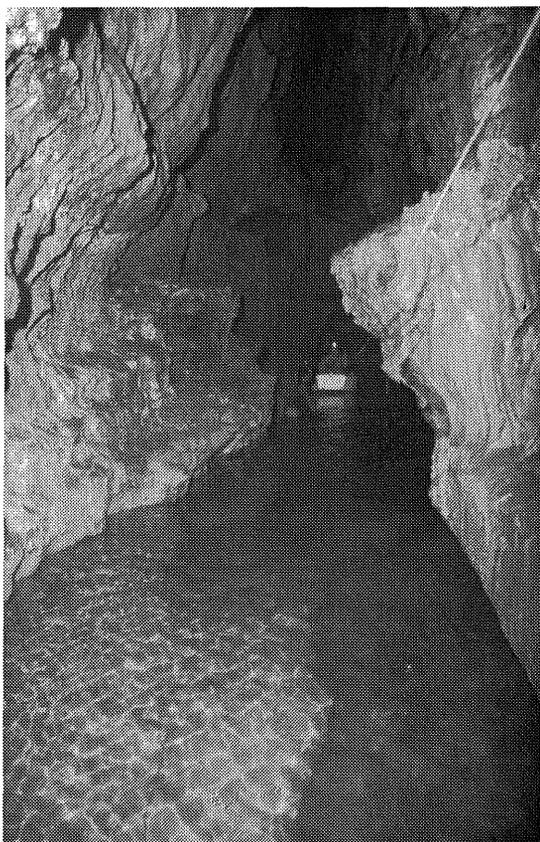
Il sistema è costituito da alcuni grandi dreni che hanno origine da importanti punti idrovori situati in zone diverse del bacino di alimentazione che confluiscono, a monte della grotta, in una vasta zona satura dell'acquifero. Questa è delimitata verso valle da un contatto tettonico fra i porfiroidi del basamento e le rocce carbonatiche che costringe tutte le acque ad affiorare nella zona vadosa riunendosi in un unico collettore a pelo libero. Quest'ultimo, percorrendo l'intera grotta, raggiunge infine le risorgenze.

Nella zona satura sono presenti numerose zone serbatoio intercomunicanti impostate sull'asse principale di deflusso (come il sifone del Lago Loser) o collateralmente ad esso (come il sifone del Lago Morto), costituite in parte da condotti e da invasi e in parte da estesi reticoli di fratture.

Nella zona vadosa il collettore riceve l'apporto idrico del complesso reticolo di fratture sovrastante la cavità, frazionato in molteplici apporti di modesta entità che forniscono tuttavia, nel loro complesso, un contributo non trascurabile alla portata del collettore, in particolare nei periodi di magra.

Nella parte più interna del sistema l'apporto dei reticoli di fratture situati al disopra dei grandi dreni, qui assai più estesi in rapporto allo spessore molto maggiore della roccia sovrastante la zona satura, fornisce un contributo più importante alla portata del sistema, legato all'infiltrazione frazionata che ha luogo in superficie. In queste fratture si accumulano nel contempo notevoli riserve idriche, che insieme con quelle presenti nei vari serbatoi interconnessi della zona satura, concorrono alla regolazione del regime del torrente ed al mantenimento di una portata minima consistente anche in assenza di infiltrazione.

Tale portata infatti non scende mai al di sotto dei 50 l/s, neppure nelle stagioni più secche, e rimane più frequentemente attestata su valori minimi annui di 60-90 l/s. Le portate massime possono talvol



Il collettore principale del sistema carsico di Bossea (Valle Corsaglia, Alpi Liguri)

raggiungere, in occasione di piene molto sostenute, i 1500 l/s e quindi l'escursione annua è ancora molto marcata, con un rapporto fra i due valori limite che può arrivare fino ad 1:30.

Le variazioni di portata possono essere ancora rapidissime nella salita, specie in occasione di precipitazioni molto intense che si verificano in preesistenti condizioni di saturazione delle zone dell'acquifero, con effetto immediato di pistonaggio sulle acque già ivi stazionanti. Sono generalmente più gradualmente in occasione dello scioglimento nivale, che sopraggiunge abitualmente in una situazione di marcata insaturazione del sistema carsico, quando il raggiungimento dei valori di piena più elevati può richiedere, in assenza di consistenti precipitazioni, da alcuni giorni a più settimane.

Le acque carsiche: studio, utilizzazione e tutela

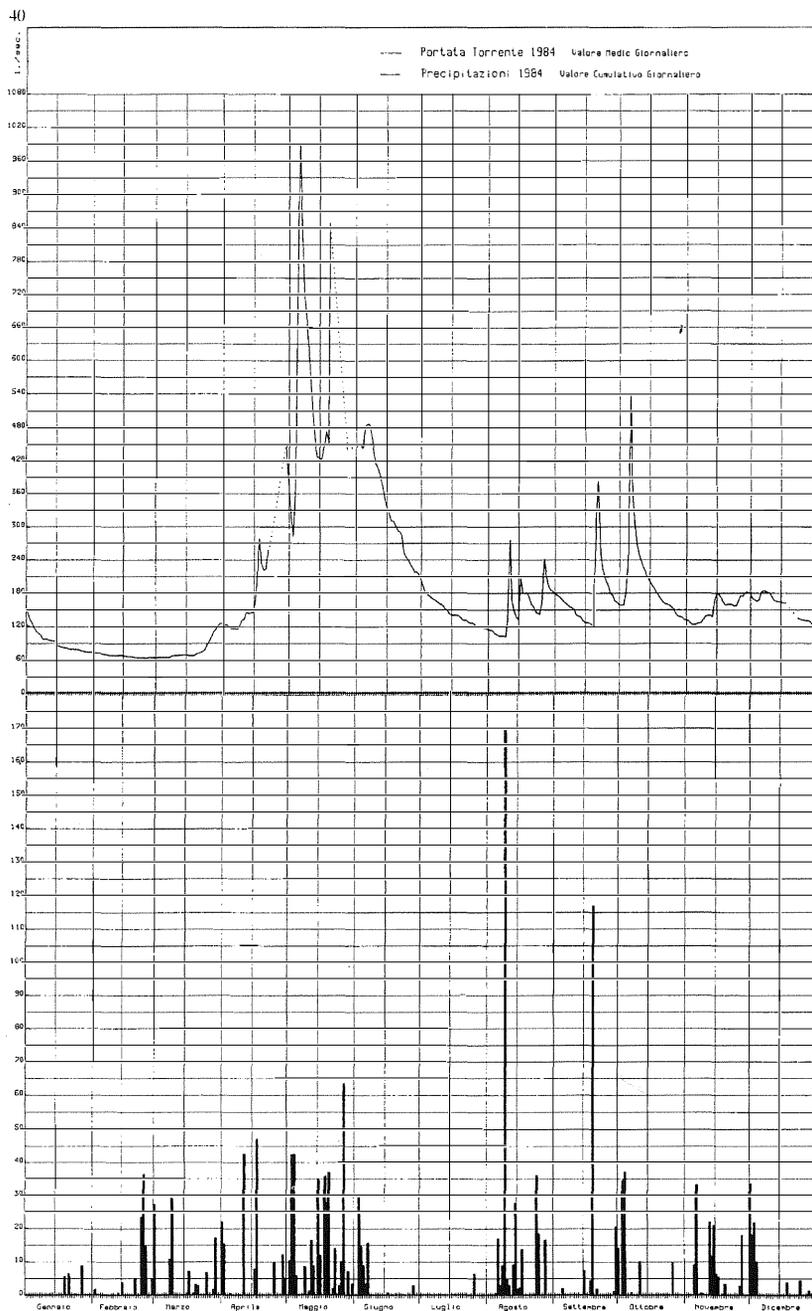


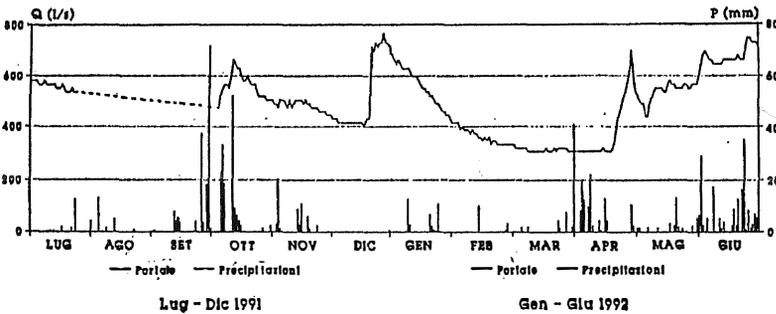
Diagramma delle portate e istogramma delle precipitazioni relativi al sistema carsico di Bossea, anno 1984.

La riduzione della portata successiva alla fine dell'infiltrazione, grazie alle riserve disponibili, è invece assai più graduale e l'esaurimento del picco di piena può protrarsi, in assenza di precipitazioni, per più mesi.

Il rilevante aumento della mineralizzazione delle acque, in occasione delle piene, che si protrae almeno per tutto il periodo di salita della portata, ed anche oltre, testimonia il pistonaggio delle acque stazionanti nel sistema ad opera delle acque di neoinfiltrazione che solo in un secondo tempo raggiungono il collettore principale e la risorgenza.

La portata media del sistema risulta, dalle misure effettuate negli anni 1983-1987, di 156 l/s, e la media delle portate totali annue, sempre per lo stesso periodo, risulta di 4.920.000 mc. I valori massimi dei due parametri, registrati nell'anno 1983, sono rispettivamente di 197 l/s e di 6.210.000 mc annui.

Rete a circolazione dispersiva - E' presente in masse rocciose interessate da numerose faglie di discontinuità, con elevato ed omogeneo livello di fratturazione. Non sono individuabili vie di deflusso preferenziali, ma esiste una fitta e complessa rete di drenaggio costituita da molti piccoli condotti e da estesi reticoli di fratture interconnessi. La velocità di deflusso è piuttosto modesta. Le riserve



Sistema delle sorgenti del Malra: Idrogramma delle portate mostrante, in particolare, il picco di piena invernale relativo ad un anomalo innalzamento termico.

Civita M., Manzone L., Vigna B., 1992)

regolatrici sono assai abbondanti. Le portate presentano variazioni assai limitate ed i loro incrementi non sono direttamente correlabili con i singoli apporti infiltrativi. I valori dei parametri idrochimici sono notevolmente costanti nel tempo.

Tali reti di drenaggio presentano di norma buone caratteristiche per la captazione delle risorgive in acquedotti urbani.

A questo modello di rete di drenaggio è riferibile l'acquifero carsico delle Sorgenti del Maira (Alpi Cozie) che drena un vasto massiccio carbonatico molto fratturato, costituito in primo luogo dal complesso di conche e depressioni carsiche del Vallone di Visaisa e dai rilievi circostanti.

Le Sorgenti scaturiscono a quota 1645, a monte degli abitati di Acceglio e Saretto di cui riforniscono i rispettivi acquedotti. Sono utilizzate in buona parte per scopi idroelettrici e solo in parte minoritaria per uso idropotabile. La risorgenza è articolata nel suo complesso in numerose polle emergenti da coperture moreniche sovrastanti i calcari, con portata media complessiva di 600 l/s ed una escursione annua compresa, al massimo, fra 100 l/s e 1000 l/s, pertanto decisamente inferiore rispetto a quella delle sorgenti carsiche citate in precedenza. Una parte notevole del flusso ipogeo raggiunge inoltre, per travasi sotterranei, direttamente il subalveo del sottostante Torrente Maira e non è pertanto misurabile.

La risposta agli eventi infiltrativi è più graduale rispetto alle emergenze citate precedentemente: in particolare, dopo lunghi periodi di assenza di apporti esterni, si possono verificare incrementi di portata progressivi e costanti protratti per più settimane fino al raggiungimento del valore massimo, come accade ad esempio, alla fusione del manto nevoso; dopo periodi di intense piogge si possono invece avere risposte relativamente più veloci, ma sempre abbastanza dilazionate, con raggiungimento del picco di piena ad una settimana di distanza dall'evento infiltrativo, sempre per pistonaggio delle acque già presenti nel sistema.

La circolazione idrica ha luogo in una rete di drenaggio molto complessa, costituita da un fitto reticolo di fratture poco carsificate, ed è caratterizzata da grande lentezza con periodi molto lunghi di permanenza sotterranea delle acque (diversi anni secondo analisi

isotopiche recentemente effettuate; vedi Civita et al., 1993). Ciò consente una adeguata autodepurazione biologica delle acque provenienti dalle infiltrazioni in quota; diversa è la situazione delle acque che si infiltrano più in vicinanza della risorgenza, con più rapido arrivo alle diverse emergenze. Per tali ragioni anche per questo tipo di sorgenti si presenta la necessità della protezione dagli inquinamenti, almeno della zona a monte più prossima.

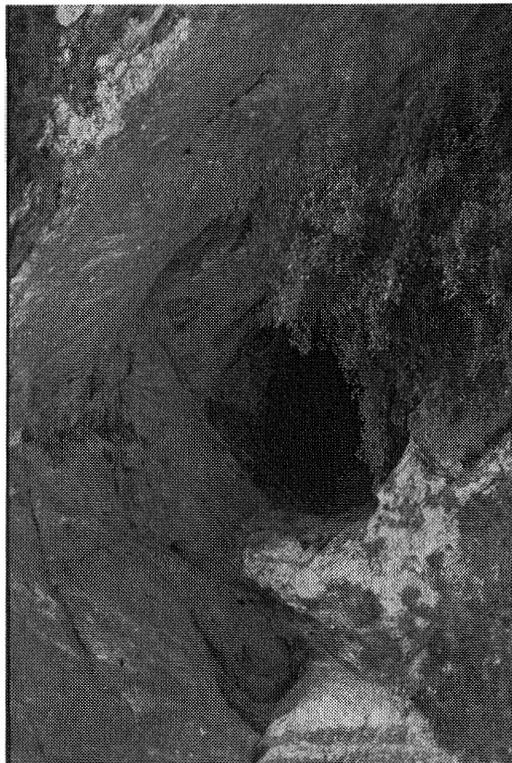
L'analisi chimica delle acque in oggetto, complessivamente, definibili di discreta qualità, evidenzia un eccesso di magnesio e di solfati (derivanti dalla presenza di livelli gessosi alla base delle falde tettoniche). Questi ultimi raggiungono addirittura i massimi limiti ammessi per le condizioni di potabilità; tuttavia questi valori elevati possono essere facilmente ridimensionati tramite adeguati trattamenti delle acque dopo il riaffioramento.

Le Sorgenti del Maira, con la portata media assai elevata che le caratterizza ed una erogazione annua complessiva che si aggira mediamente sui 25.000.000 mc, costituiscono una risorsa idrica di importanza primaria nell'area del Piemonte occidentale, in gran parte ancora inutilizzata per usi potabili. Per le suddette ragioni ed anche per la loro posizione dominante sulle valli e sulla pianura, queste emergenze sono considerate una risorsa strategica utilizzabile in caso di necessità (inquinamenti temporanei o prolungati, periodi siccitosi di anomala durata, ecc.) a fini integrativi o sostitutivi delle fonti di approvvigionamento attualmente in uso, per una vasta area delle provincie di Cuneo e di Torino (Civita et al., 1993).

LA RISORGENZA

Le acque di un sistema carsico riaffiorano alla luce tramite una o più risorgenze. Diffuenze in prossimità della superficie, dovute in particolare a cause tettoniche possono infatti suddividere l'emergenza in più affioramenti anche abbastanza distanziati.

Altre volte l'emergenza principale, sempre attiva, è sovrastata da una o più sorgenti temporanee, denominate sfioratori di piena, che rientrano in attività solo quando la sorgente perenne non è in grado



una tipica emergenza carsica nell'ambito della gola della fascette (Upega, Alpi Liguri)

di smaltire tutta la portata del sistema e si verifica un rialzo della superficie piezometrica locale. Ancora più in alto possono trovarsi delle emergenze fossili, ormai completamente inattive. Una situazione di tale genere riflette l'evoluzione nel tempo del sistema carsico, con successivi approfondimenti della rete di deflusso legati all'abbassamento del livello di base esterno delle acque.

L'ACCESSO AI SISTEMI CARSICI

I sistemi carsici sono in diversi casi penetrabili dall'uomo. Le vie di ingresso più comuni sono costituite dalle risorgenze fossili o semiattive e talora da quelle perenni, dagli inghiottitoi e dai pozzi a

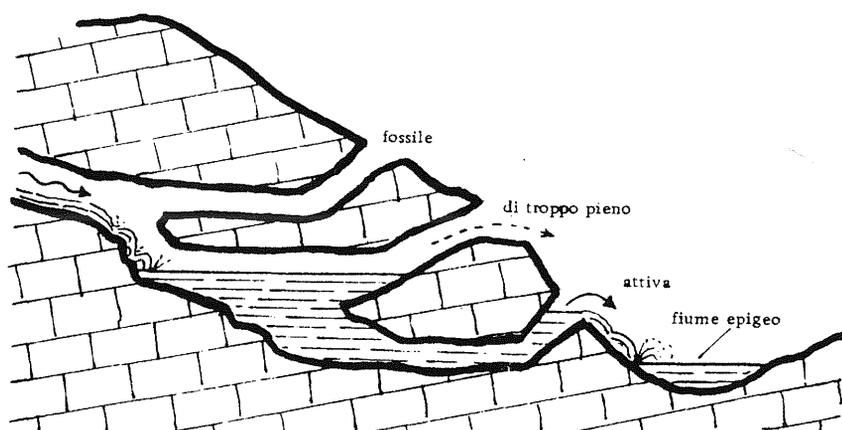
neve delle zone di assorbimento, o da accessi in parete ad antiche gallerie freatiche ormai inattivate dall'abbassamento della falda freatica e tagliate dall'erosione esterna.

L'UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE CARSICHE

Come accennato precedentemente la grande diffusione delle emergenze carsiche in numerose regioni d'Italia e l'abbondante gettito di molte di esse ne renderebbero assai appetibile la captazione negli acquedotti urbani.

Esistono tuttavia alcuni inconvenienti nell'impiego di queste acque ad uso potabile, fra cui in primis la facilità di inquinamento. Tali inconvenienti, che saranno esaminati in dettaglio nel proseguo, ne hanno fino a ieri circoscritto l'utilizzazione a determinate aree del paese. Fa queste riveste importanza assai rilevante quella delle Alpi Sud-Occidentali interessante il Piemonte Meridionale e la Liguria,

SISTEMA DI SORGENTI



Vanin A., 1972

ove esistono numerosi ed importanti acquedotti alimentati da sistemi carsici. In tale ambito riveste un ruolo di primo piano l'Acquedotto delle Langhe, caratterizzato da grande estensione geografica, che rifornisce la vasta area omonima tramite la captazione di più emergenze carsiche ubicate nelle Valli Corsaglia e Vermenagna.

In altre aree si è preferito ricorrere, soprattutto in passato, allo sfruttamento delle falde idriche presenti nelle rocce porose o nei terreni alluvionali delle aree pianeggianti, spesso più facilmente utilizzabili e ritenute un tempo più sicure dal punto di vista sanitario.

L'enorme incremento dei consumi idrici verificatosi in questi ultimi decenni, con drastica riduzione delle risorse tradizionali ancora disponibili ed il progressivo inquinamento, anche o soprattutto di origine chimica, delle falde freatiche e perfino artesiane delle zone pianeggianti, hanno tuttavia portato anche in queste aree, in presenza di una domanda idrica sempre sostenuta, una rivalutazione del ruolo delle acque carsiche. Queste ultime infatti sono ancora disponibili in rilevante quantità, hanno spesso migliori qualità organolettiche, sono scarsamente soggette ad inquinamenti chimici e probabilmente sono oggi meglio difendibili dagli inquinamenti batterici rispetto a quelle provenienti da altri tipi di falde, grazie al forte aumento delle conoscenze sui sistemi carsici ed alla maggiore possibilità di adozione di adeguati provvedimenti di tutela a monte degli acquiferi.

Tale riconsiderazione ha prodotto un grande sviluppo degli studi e ricerche sulle circolazioni idriche nelle rocce carbonatiche, discussi in seminari e congressi di livello internazionale, ed ha ultimamente determinato una significativa ripresa della utilizzazione razionale di queste acque.

FATTORI LIMITANTI

Come suaccennato esistono fattori limitanti la possibilità di utilizzazione delle acque carsiche, prevalentemente di carattere idrodinamico e biologico. I più significativi parametri idrochimici di tali acque (durezza, alcalinità, ione calcio, ione magnesio, solfati, nitrati, ecc.), nella situazione naturale, sono invece compresi nella

gran maggioranza dei casi in un largo intervallo di valori compatibili con la condizione di potabilità e solo in caso di mineralizzazioni elevatissime può divenirne sconsigliabile ed inopportuno l'impiego. Il discorso cambia radicalmente in caso di contaminazione della falda ad opera di inquinanti chimici, inorganici od organici, provenienti dalla superficie che possono rendere le acque altamente tossiche e dannose alla salute. Questa eventualità è tuttavia abbastanza rara per le acque carsiche provenienti da bacini di assorbimento situati nelle zone alpine o prealpine, ove ha luogo la maggior parte delle captazioni.

Fattori idrodinamici - Dal punto di vista idrodinamico non tutti i sistemi carsici si prestano, come già anticipato, ad una captazione. Nel caso di sistemi impostati prevalentemente su di una rete di drenaggio del primo tipo descritto (rete a dreno dominante), si potrebbe giungere in certi periodi dell'anno ad una quasi estinzione del gettito o ad una portata troppo esigua per consentirne l'utilizzazione. Nel caso di sistemi impostati prevalentemente su di una rete drenante del secondo tipo (rete a dreni interdipendenti) si potrà invece contare, anche nelle stagioni più asciutte, su di un gettito minimo ancora consistente. La captazione sarà pertanto realizzabile previa preventiva e prolungata verifica del minimo di portata effettivamente garantito e il dimensionamento della rete idrica urbana su questo gettito.

Nei sistemi carsici impostati su una rete di drenaggio del terzo tipo (rete a circolazione dispersiva) la presenza di abbondanti riserve regolatrici e la notevole uniformità della portata in ogni periodo dell'anno determinano condizioni idrodinamiche ottimali per la captazione delle risorgive.

Fattori biologici - Costituiscono spesso l'ostacolo più importante all'utilizzazione delle acque carsiche per uso potabile. Gli inquinamenti batterici sono legati agli insediamenti antropici in quota a fini di villeggiatura, ricreazione e turismo, con frequenti presenze massive di breve o medio periodo ed a forti concentramenti di animali nelle stalle degli alpeggi.

La permeabilità del suolo consente una facile penetrazione degli inquinamenti e la quasi totale assenza di filtrazione all'interno dei

condotti esclude una depurazione naturale delle acque per questa via, come invece può verificarsi nell'attraversamento di rocce porose (arenarie, ghiaia, sabbie, limi, ecc.), mentre il loro periodo di permanenza nell'acquifero, soprattutto nei grandi dreni, spesso non consente un'autodepurazione biologica tramite processi ossidativi delle sostanze organiche, durante il percorso sotterraneo.

Tale situazione, insieme con le predette ragioni di ordine idrodinamico, rende decisamente sconsigliabile, in linea generale, la captazione di sorgive alimentate da reti di deflusso del tipo a dreno dominante, che, in presenza di inquinamenti nel bacino di alimentazione, richiederebbe complessi e continuativi trattamenti di depurazione delle acque (letti filtranti, clorazione, ozonizzazione), alquanto costosi e giustificabili solo in assenza di ogni altra fonte alternativa di approvvigionamento idrico.

Negli acquiferi carsici del tipo rete a dreni interdipendenti si ha una più lunga permanenza delle acque all'interno del sistema con l'arrivo degli apporti idrici di neo-infiltrazione alla risorgenza procrastinata anche di più settimane, in condizioni di bassa o media portata. Ciò può consentire, almeno nelle condizioni suddette, una apprezzabile autodepurazione delle acque in caso di inquinamento, con eventuale ricorso solo temporaneo a trattamenti artificiali. Acquiferi di questo tipo potranno, sotto attento monitoraggio e con la tempestiva adozione degli opportuni provvedimenti, essere utilizzati con maggiore facilità per l'alimentazione di acquedotti urbani.

Le emergenze idriche alimentate da acquiferi carsici del tipo rete a circolazione dispersiva, in rapporto alle caratteristiche già descritte sono le più adatte, anche sotto il profilo biologico, alla captazione per uso potabile. Infatti i lunghi tempi di permanenza delle acque all'interno del sistema ne consentono, nella maggioranza dei casi, una efficace autodepurazione dagli inquinamenti batterici ed una sicura utilizzazione.

LA TUTELA DEI BACINI DI ALIMENTAZIONE

A monte di ogni provvedimento di depurazione si situa in primissimo piano, nell'ambito degli interventi effettuabili dall'uomo, l'efficace tutela del bacino di alimentazione dei sistemi carsici. Ciò è realizzabile solo in base ad una conoscenza dettagliata di tutti gli apporti infiltrativi di un determinato acquifero, derivante a sua volta da uno studio approfondito del sistema ipogeo.

Questo potrà consentire la prevenzione o la rimozione, almeno parziale di inquinamenti potenziali o già in atto. Si renderanno necessarie, a tal fine, la limitazione o l'esclusione di nuovi insediamenti antropici e/o la captazione di tutti gli scarichi di acque reflue in reti adducenti a depuratori, per gli insediamenti già presenti. Sarà parimenti necessaria l'esclusione o la rimozione di stalle di alpeggio comportanti forti concentramenti di animali in punti idrologicamente vulnerabili.

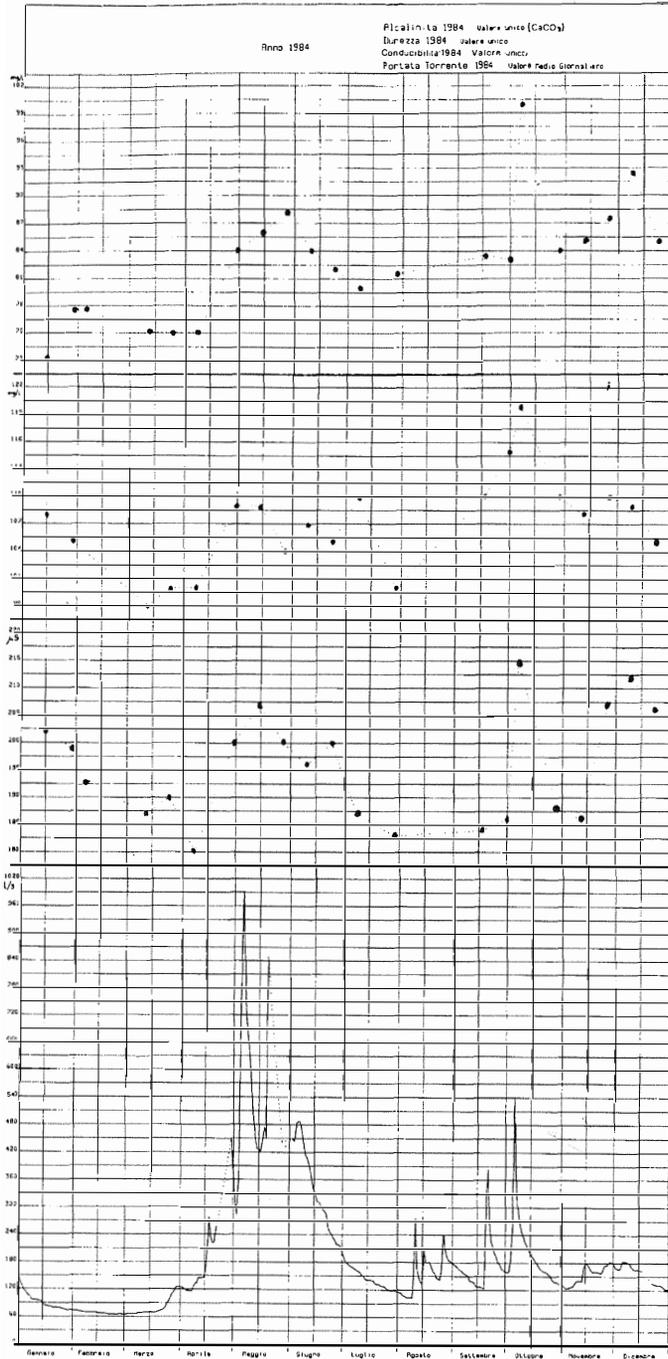
Nell'ambito di questa opera di tutela dovranno essere applicate particolari attenzioni nei confronti di zone di assorbimento concentrato e massivo, con presenza di conche carsiche, doline, inghiottitoi e perdite alveari.

In molti casi una azione continuativa di prevenzione e di salvaguardia nei confronti dei bacini di alimentazione, potrà pertanto evitare all'origine il sorgere di problemi di difficile od impossibile soluzione dopo il ritorno in superficie delle acque.

LO STUDIO DELLE ACQUE CARSICHE

Lo studio degli acquiferi carsici viene effettuato, nella maggior parte dei casi, da operatori scientifici appartenenti alle organizzazioni speleologiche, all'università, o ad enti deputati alla tutela ambientale.

Per varie ragioni buona parte della ricerca in oggetto viene effettuata nelle grotte turistiche. Tali cavità non raramente sono infatti attrezzate con strumentazione di monitoraggio dei principali parametri idrogeologici e meteorologici dell'ambiente sotterraneo, a fini di tutela dei siti e dei visitatori. In questo ambito le grotte di Frasassi,



Correlazione dei diagrammi dei parametri idrochimici con la portata nel sistema carsico di Bossea, anno 1984.

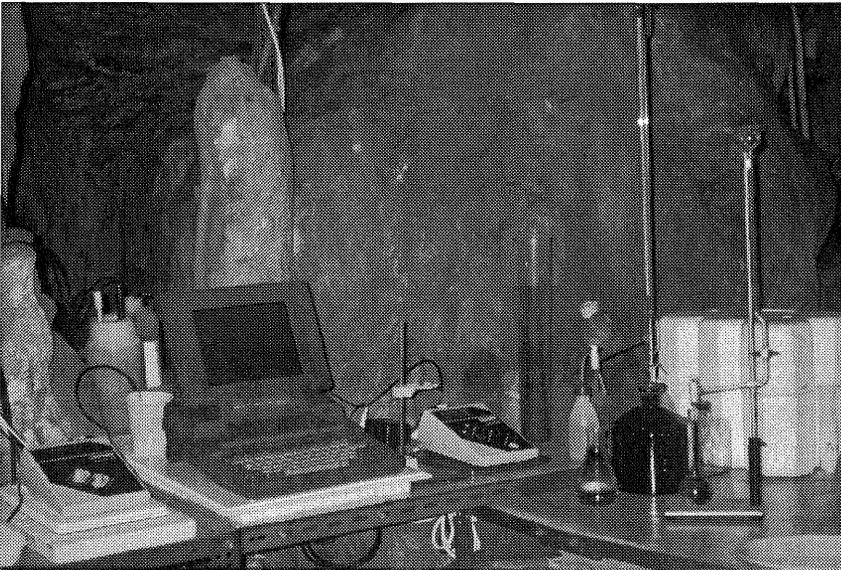
Gregoretti F, Peano G, Villavecchia E., 1990

di Toirano, di Stiffe e di Bossea costituiscono realtà particolarmente avanzate.

Nelle grotte di Stiffe (S. Demetrio nei Vestini, AQ) e di Bossea (Frabosa Soprana, CN) esistono in particolare due laboratori sotterranei per lo studio dell'ambiente carsico. Nel primo, gestito dal Gruppo Speleologico Aquilano, sono oggetto d'indagine, tramite un sistema di rilevamento computerizzato molto progredito, i parametri inerenti la circolazione idrica e le caratteristiche atmosferiche della cavità.

Il secondo, gestito dalla Stazione Scientifica del CAI di Cuneo in collaborazione con altri enti di ricerca, è destinato allo studio degli aspetti idrogeologici, morfologici, meteorologici e biologici dell'ambiente carsico. Costituisce oggi, in Italia, la maggiore installazione scientifica sotterranea in questo settore.

Nei laboratori di Bossea sono in atto da tempo lo studio delle circolazioni idriche nelle rocce carbonatiche, condotto in collaborazione con il Dipartimento Georisorse e Territorio del Politecnico di



Il laboratorio idrogeologico sotterraneo ubicato nella grotta di Bossea: particolare della sezione analisi elettrometriche.

Torino, e del popolamento faunistico delle cavità sotterranee, oggi condotto in collaborazione con il Museo Regionale di Scienze Naturali. E' inoltre iniziato in periodo più recente lo studio meteorologico dell'ambiente ipogeo, effettuato in collaborazione con l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (A.R.P.A.) del Piemonte.

Le ricerche sono state particolarmente approfondite nel settore idrogeologico, tramite il supporto di una strumentazione molto completa e tecnologicamente avanzata e dei laboratori del Politecnico di Torino. Lo studio è stato indirizzato sia alle circolazioni nei grandi dreni, sia a quelle nei piccoli dreni e nei microdreni della zona insatura degli acquiferi, con il conseguimento di un rilevante complesso di acquisizioni presentate sulla stampa specializzata e tramite le monografie della Stazione Scientifica.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- CIVITA M., PEANO G., & VIGNA B., 1982 - *“La stazione sperimentale della Grotta di Bossea nel quadro delle ricerche idrogeologiche sui sistemi carsici del Monregalese, Alpi Marittime”* - Mem. Soc. Geol. It., 29: 187-207.
- CIVITA M., GREGORETTI F., MORISI A., OLIVERO G., PEANO G., VIGNA B., VILLAVECCHIA E. & VITTONI F., 1990 - *“Atti della Stazione scientifica della Grotta di Bossea”* - Gr. Spel. Alpi Marittime CAI Cuneo - Dip. Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino, Savigliano: 1-36.
- Civita M., Manzone L. & Vigna B., 1991- *“Rilevamenti strutturali e idrodinamica dei sistemi acquiferi carbonatici”* - Atti 1° Conv. Naz. dei giovani ricercatori in geologia applicata, Gargnano sul Garda (Bs).
- PEANO G., VIGNA B., 1996 - *“Le cavità naturali come via privilegiata per lo studio delle acque sotterranee: i rilevamenti effettuati nella stazione scientifica della Grotta di Bossea”* - “Atti del Simposio Internazionale Grotte Turistiche e Monitoraggio Ambientale”, Cigna A.A. Ed., Stazione Scientifica di Bossea CAI Cuneo, p. 333.
- CIVITA M., PEANO G., VIGNA B., 1999 - *“Primi risultati dello studio dell'insaturo carbonatico nel sistema di Bossea (Alpi Liguri, Piemonte Meridionale)”* - Pubblicazione n. 2006 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR U.0.4.1. (Dipartimento Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino).
- CIVITA M., MANZONE L., VIGNA B., 1992 - *“Idrogeologia degli acquiferi carbonatici di alta quota: due sistemi a confronto “* - Convegno “Alpine Caves: Alpine Karst Systems and their environmental context” - Asiago, giugno 1992.
- PEANO G., 1990 - *“L'acquifero carsico di Bossea”* Mondo Ipogeo, n. 13, anno 1990, G.S.A.M. CAI Cuneo, p. 52.
- CIVITA M., MANZONE L., OLIVERO G., VIGNA B., 1995 *“Le sorgenti del Maira studio di una risorsa idrica di importanza strategica”* - Quaderni di Geologia Applicata - 2° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee, Nonantola (Modena) 1995.

INVASI E GENERAZIONE DI ENERGIA: RISORSA ENERGETICA E IMPATTO AMBIENTALE

ALDO FIAMBERTI

*Direttore Engineering e Approvvigionamenti
Azienda Energetica Metropolitana - Torino*

Introduzione

Gli invasi artificiali vengono realizzati sbarrando i corsi d'acqua con dighe o traverse con lo scopo di realizzare un accumulo d'acqua impiegabile per diversi scopi:

- produzione di energia elettrica;
- utilizzi irrigui;
- utilizzi acquedottistici;
- regolazione delle portate;
- navigazione dei corsi d'acqua.

Gli invasi realizzati sulle Alpi sono quasi tutti per produzione di energia elettrica.

Più in generale nel mondo esistono molti invasi realizzati per altri scopi; talvolta per esigenze diverse congiunte (ad esempio irrigazione, uso potabile, produzione elettrica). Ovviamente in questi casi la gestione dell'invaso deve essere fatta ottemperando le diverse necessità.

La produzione idroelettrica

L'energia idraulica è stata tra le prime utilizzate per la produzione di elettricità. In Italia, tenuto conto delle notevoli risorse idriche e nel contempo della scarsa disponibilità di combustibili fossili, fin dall'inizio del secolo sono sorte le prime centrali idroelettriche.

Si trattava per lo più di impianti cosiddetti *ad acqua fluente*, ossia utilizzanti una portata d'acqua direttamente prelevata dal torrente o dal fiume attraverso un canale derivatore, una condotta forzata, uno o più gruppi turbina-generatore elettrico con scarico nuovamente nell'alveo naturale del corso d'acqua. Tali tipi di impianto sono molto diffusi; hanno il vantaggio di essere relativamente poco costosi ma il grosso svantaggio di produrre elettricità in funzione della disponibilità d'acqua del momento: non sono dunque regolabili in dipendenza delle esigenze di produzione elettrica.

Un'evoluzione dell'utilizzazione delle risorse idriche è costituita dall'impianto *a serbatoio* ossia da un impianto che, avendo la possibilità di accumulare l'acqua, è in grado di produrre elettricità in modo svincolato dalle disponibilità idriche del momento.

Le dighe

Per realizzare gli invasi necessari per le utilizzazioni idroelettriche a serbatoio, come detto in introduzione, è necessario sbarrare il corso d'acqua. Per far ciò si costruiscono le dighe che, in estrema semplificazione, sono dei *muri* particolari che con la superficie di monte, a contatto con l'acqua, contrastano la spinta idrostatica.

La varietà di dighe esistenti è notevole: in funzione dei materiali utilizzati esistono dighe in calcestruzzo, in pietrame legato con malta, in materiale sciolto, in terra; in funzione della forma: rettilinee, ad arco semplice, ad arco doppio, a speroni.

Tutte le dighe dispongono di organi di sicurezza come lo scarico di sfondo che consente di svuotare il serbatoio, lo scarico di superficie che consente di evacuare le portate di piena del corso d'acqua impedendo la tracimazione della diga stessa, la presa per la derivazione dell'acqua che consente di alimentare la centrale di produzione a valle.

All'interno della diga esistono cunicoli di ispezione che consentono di percorrerla dall'interno, di inserire apparati di controllo e misura di varie grandezze significative per garantire la sicurezza del manufatto.

L'impatto ambientale degli impianti idroelettrici

L'acqua utilizzata per produrre energia elettrica non subisce alcuna modifica delle proprie caratteristiche chimico-fisiche; viene solamente sfruttato il suo potenziale energetico determinato dal dislivello tra la quota di captazione e quella di restituzione, quindi sotto questo aspetto l'impatto sull'ambiente è nullo.

Diversa è la questione relativa alla sottrazione di portata nel corso d'acqua tra il punto di captazione e quello di restituzione. In effetti se la portata scende al di sotto di certi valori può essere pregiudicata la sopravvivenza della fauna ittica e più in generale l'ecosistema ad essa correlato. Inoltre se nel corso d'acqua esiste un'immissione di acque inquinate, la loro minore diluizione riduce le possibilità di autodepurazione.

Per far fronte a questi problemi, recentemente, a livello regionale, sono state introdotte delle regole per calcolare il *deflusso minimo vitale* che deve essere garantito per la salvaguardia del corso d'acqua. Ovviamente per ottemperare a questi vincoli occorre "sacrificare" un po' di produzione idroelettrica.

Occorre peraltro sottolineare che la produzione di energia per via idroelettrica come alternativa a quella termoelettrica da combustibili fossili ha un impatto sull'ambiente decisamente più modesto in quanto non dà luogo ad alcuna immissione di prodotti di combustione nell'atmosfera ed è un'energia del tutto *rinnovabile* ossia viene resa continuamente disponibile dall'ambiente.

Nel caso di impianti idroelettrici a serbatoio, oltre all'impatto ambientale determinato dalla sottrazione di acqua dall'alveo naturale, occorre valutare l'impatto causato dall'invaso.

Un grande impatto è sicuramente quello sulla zona di realizzazione del serbatoio che deve essere resa disponibile e sgombrata da tutto quanto esistente. Oggi, specie in Europa, con un territorio fortemente antropizzato è pressoché impossibile trovare siti completamente liberi. Si pone dunque il problema di rilocalizzazione degli abitanti in altri siti, di dismettere attività agro-pastorali; tutto ciò costituisce un forte impatto a livello locale.

A serbatoio realizzato, dopo aver superato le difficoltà sopra indicate, l'impatto in genere è modesto e in molti casi nullo. Si pensi ad esempio agli invasi realizzati dall'AEM negli scorsi decenni: ormai sono entrati a far parte del paesaggio della zona, e probabilmente ormai sono così radicati nell'ambiente, che costituirebbe un impatto la loro eliminazione!

Esistono poi altre cause di impatto determinate dagli invasi del tutto o quasi assenti nella zona alpina ma invece importanti in altre parti del mondo; esse sono: modifiche sul micro-clima della zona determinato dalla presenza di uno specchio d'acqua che, con il fenomeno dell'evaporazione, aumenta l'apporto di umidità nell'aria (tale aspetto è più marcato nelle zone equatoriali e tropicali dove a causa dell'insolazione l'evaporazione è maggiore);

– l'aumento dell'umidità può rendere malsane aree antropizzate con il rischio di diffusione di malattie (esempio malaria);

– la presenza dell'invaso favorisce la sedimentazione del materiale trasportato dall'acqua; questo fatto, se da un lato consente una pulizia dell'acqua restituita dall'impianto, dall'altro genera un accumulo di sedimenti nell'alveo del lago che col tempo può addirittura annullare la capacità di invaso. Non è peraltro così scontato che l'eliminazione del trasporto solido sia un fatto positivo; si pensi all'esempio dell'invaso di Assuan in Egitto sul fiume Nilo dove la presenza dell'invaso artificiale ha bloccato il trasporto del limo. Questo fatto ha impedito la fertilizzazione dei terreni lungo il fiume a valle dello sbarramento e vanificato i vantaggi di cui ha goduto l'Egitto fin dai tempi antichi.

A titolo informativo si riporta una tabella (fonte: USCOLD register of dams) riportante un elenco dei più grandi impianti idroelettrici a serbatoio del mondo.

World's Largest Capacity Dams

Order	Name	River	Country	Capacity (MW)	Year Completed
1	Itaipu	Parana	Brazil/Paraguay	12600	1983
2	Guri	Caroni	Venezuela	10300	1986
3	Sayano-Shushensk	Yenisci	Russia	6400	1989
4	Grand Coulee	Columbia	U.S.A.	6180	1942
5	Krasnoyarsk	Yenisei	Russia	6000	1968
6	Church Falls	Churchill	Canada	5428	1971
7	La Grande 2	La Grande	Canada	5328	1979
8	Bratsk	Angara	Russia	4500	1961
9	Ust-Ilim	Angara	Russia	4320	1977
101	Tucuruí	Tocantins	Brazil	3960	1984

Provvedimenti di tutela ambientale

Per tenere conto in modo sistematico di tutti gli elementi sopra indicati e altre interazioni possibili sull'ambiente, fin dal 1988 è stata introdotta nella legislazione italiana (in armonia con le norme della Comunità Europea) la procedura VIA "Valutazione di Impatto Ambientale". Tra i progetti delle opere da sottoporre alla procedura di VIA sono incluse le dighe alte più di 15 metri o con oltre un milione di metri cubi di invaso e gli impianti idroelettrici con una potenza di concessione superiore ai 30 MW.

Lo studio di impatto ambientale coinvolge una serie di discipline che vanno dalla meteorologia, all'idrologia, alla botanica, alla faunistica, ecc.

Realizzazione di nuovi invasi in Italia e nel mondo

In Italia la costruzione di nuove dighe si è praticamente esaurita. In questo momento soltanto l'AEM ha in corso di costruzione due dighe con invasi modesti connessi con la costruzione di un nuovo impianto idroelettrico in Valle Susa. Purtroppo sia a causa di cre-

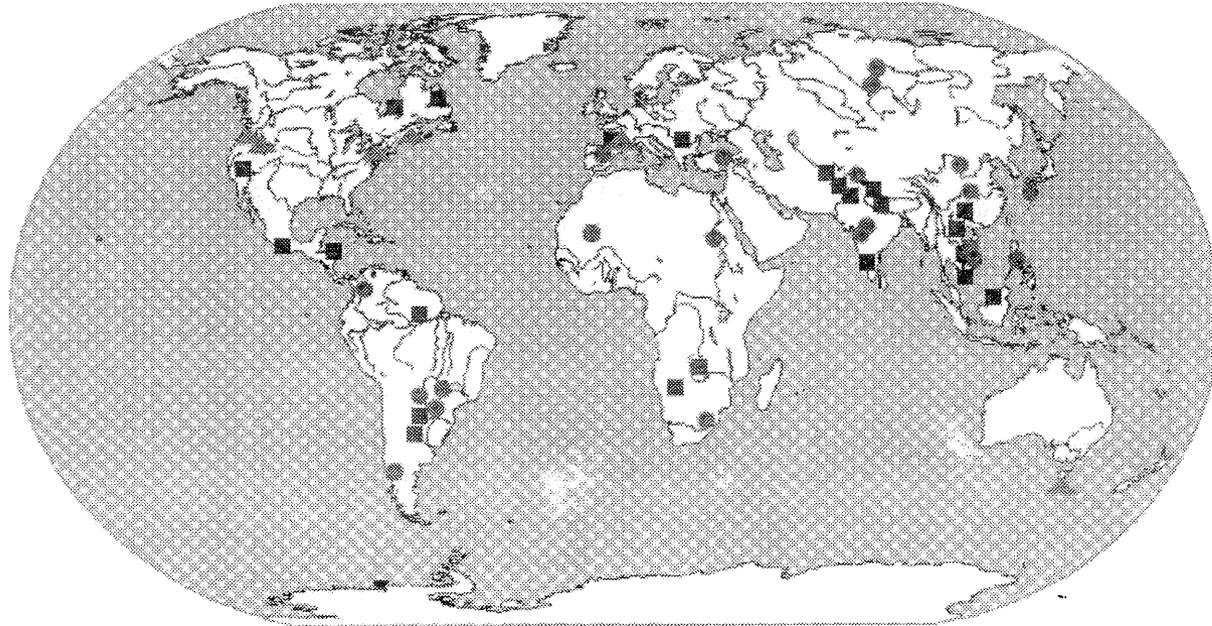
scanti difficoltà di carattere autorizzativo sia a causa di costi elevati non si è più dato corso alla costruzione di nuovi impianti idroelettrici a serbatoio. Anche in Europa dopo uno sfruttamento piuttosto intensivo delle risorse idriche disponibili si è quasi esaurita la costruzione di nuovi impianti.

Diverso è il caso dei paesi extraeuropei dove specie in Asia e in America Latina esistono ancora notevoli risorse idriche disponibili, ma in questi casi la difficoltà maggiore a dar corso alla realizzazione è il reperimento degli ingenti capitali necessari per il finanziamento delle opere.

La mappa mondiale della pagina seguente fornisce un'indicazione delle maggiori dighe in progetto o in costruzione.

Nuove realizzazioni di dighe nel mondo

■ dighe in progetto ◆ dighe in costruzione ▲ dighe da smantellare



i

PICCOLE CENTRALI IDROELETTRICHE: L'ESPERIENZA DELLA VAL PELLICE

MAURO PONS

Assessore all'Agricoltura della Comunità Montana Val Pellice

La montagna deve essere abitabile; per essere abitabile deve prima essere vivibile.

Questo è il presupposto di un programma molto articolato, del quale è parte integrante anche il discorso relativo alle centraline idroelettriche.

Anziché spiegare gli schemi di funzionamento dei piccoli impianti di produzione di energia, ritengo più opportuno illustrare l'aspetto più propriamente ambientale e se vogliamo socio-culturale.

Nella seconda metà degli anni '80 ero amministratore in qualità di assessore alla cultura della Comunità Montana Val Pellice ma già allora seguivo con molto interesse i programmi e le attività del mio collega assessore all'agricoltura. Entrambi eravamo degli accaniti e caparbi sostenitori che la montagna, almeno quella che da secoli era popolata dagli alpigiani, la si poteva salvaguardare solamente se avesse continuato ad essere abitata. Il problema riguardava quasi tutto l'arco alpino e in alcune vallate del cuneese il fenomeno era diventato davvero drammatico tant'è che si pensò di avviare la soluzione del problema mediante la costruzione di strade agro-silvo-pastorali, ma in molti casi tali iniziative produssero effetti contrari a quelli desiderati: infatti invece di favorire la permanenza avevano favorito l'esodo dei montanari. In quegli anni gli incontri e i dibattiti si susseguivano a ritmo frenetico; i tempi ci sembravano veramente ristretti, nei nostri alpeggi, i sopravvissuti erano ormai quasi tutti anziani e in molti casi trascorrevano alcuni mesi estivi in abitazioni ormai quasi completamente distrutte o in condizioni igienico-sanitarie a dir poco deprecabili.

Ed è proprio a causa di questi tempi ristretti che abbiamo effettuato alcuni interventi già allora discutibili e che adesso non rifarei assolutamente ma che a quei tempi ci sembravano i più opportuni: la realizzazione di stalle sociali con annessi laboratori per la trasformazione del latte e relativi piccoli alloggi per gli alpigiani. Strutture generalmente prefabbricate in calcestruzzo che sicuramente costituiscono ancora oggi, un duro impatto ambientale. Adesso mi farei promotore per il recupero globale delle baite rendendole agibili e sfruttabili non solo dagli alpigiani ma eventualmente anche da turisti.

Gli altri due grossi interventi realizzati in quegli anni sono invece legati strettamente al tema che oggi stiamo trattando: l'acqua appunto; acquedotti e centraline idroelettriche.

In molti casi gli alpeggi, almeno quelli più importanti come quelli dislocati nella Conca del Pra, lo stesso Rifugio Jervis e la Ciabota avevano dei grossi problemi per quanto riguardava l'acqua potabile: ogni struttura si serviva di sorgenti, più o meno vicine con opere di captazione più o meno valide; alcune strutture addirittura captavano direttamente dai torrentelli. La realizzazione di un acquedotto vero e proprio è stato il primo dei progetti presentati, e attuato dal Comune di Bobbio Pellice.

In quegli anni inoltre sia a livello di CAI sia a livello di Enti Locali si stava dibattendo il problema relativo alle fonti energetiche. Quasi tutti i nostri rifugi erano illuminati con pericolosissimi impianti a gas; i più moderni possedevano già un rumorosissimo ed inquinante generatore a gasolio ma le cosiddette energie alternative erano ancora poco sfruttate. Proprio la Commissione centrale Rifugi del CAI diede una spinta notevole per la sperimentazione e l'utilizzo diffuso di queste fonti alternative; lo Stato venne incontro alle Sezioni che avessero effettuato interventi in tal senso e il CAI Uget Val Pellice di cui allora ero Presidente accolse con entusiasmo tali proposte. La collaborazione tra la Comunità Montana (che nel frattempo aveva già realizzato microcentrali in alcuni alpeggi), il CAI, i Comuni ed alcuni privati si concretizzò ben presto con la realizzazione di una grande "microcentrale" proprio nella conca del Pra. Microcentrale in grado di produrre 30 KW ed in grado di soddisfare gli alpigiani, il Rifugio Jervis e la Ciabota: un intervento che subito dopo è stato

realizzato al Pis della Rossa con l'installazione della centralina in grado di fornire energia alla nuova stalla sociale ed al vicino rifugio Barbara Lowrie.

A distanza di circa 10 anni mi trovo a ricoprire la carica di assessore all'agricoltura ed in forma più diretta devo occuparmi di agricoltura. Gli alpeggi ancora una volta occupano uno spazio primario nel programma di attività del mio assessorato. I giovani comunque sono tornati in montagna: in molti alpeggi ci sono imprenditori agricoli che hanno un'età tra i 20 e i 30 anni, giovani con grande entusiasmo che riscoprono i valori del passato con una mentalità moderna. Giovani che hanno bisogno di essere supportati, non solo per loro stessi ma soprattutto perchè dobbiamo essere consapevoli che con la loro attività mantengono viva la montagna; vi assicuro che vedere un pastore con le sue mucche, le sue pecore o le sue capre sui versanti delle nostre Alpi è comunque sempre un momento importante: il suo gregge o la sua mandria, i suoi cani e lui stesso sono perfettamente integrati con l'ambiente; sicuramente molto più delle migliaia di turisti che solcano i nostri sentieri. Non voglio negare l'importanza del turismo, anzi ne sono un sostenitore, sostenitore però di un turismo che si adegua alla realtà montanara, un turismo che sappia cogliere, valutare ed apprezzare la vita della montagna con tutte le sue bellezze, le sue contraddizioni e i suoi equilibri spesso fragili che a volte involontariamente deturpiamo. Io sono per natura ottimista ed in questi anni la coscienza ecologica, grazie soprattutto all'azione promossa dagli insegnanti è migliorata sensibilmente ed è quindi con tale ottimismo che vedo un futuro roseo per le nostre montagne, un futuro in cui gli alpigiani potranno vivere sempre meglio l'Alpe attraverso cui il turista potrà circolare liberamente in qualità di osservatore e visitatore attento integrato sempre più nell'ambiente naturale; è in quest'ottica che vedo molto favorevolmente anche l'inserimento di microcentrali idroelettriche: non inquinano e se ben installate non deturpano assolutamente il paesaggio e contribuiscono sensibilmente a rendere vivibili ed abitabili ambienti che altrimenti sarebbero per forza di cose abbandonati definitivamente!!

L'USO DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI (GIS) PER LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE. L'ESPERIENZA DI AMGA SPA

ANNA MORGAVI

Azienda Mediterranea Gas e Acqua - Genova

Servizi Qualità Ambientale

1. INTRODUZIONE

L'Azienda Mediterranea Gas e Acqua S.p.A. di Genova utilizza da tempo i sistemi informativi geografici come ausilio alle attività di controllo e gestione delle risorse idriche; infatti, grazie alle funzionalità di gestione dei dati grafici ed alfanumerici, di analisi spaziale, e di rappresentazione grafica, i GIS consentono di organizzare, elaborare e sintetizzare i dati disponibili nel modo ottimale.

Presso il Servizio Qualità Ambientale di AMGA sono state sviluppate applicazioni GIS per gestione delle risorse idriche, sia dal punto di vista quantitativo, sia dal punto di vista qualitativo.

I principali campi applicativi riguardano:

- l'analisi della disponibilità della risorsa idrica mediante un modello di bilancio idrologico distribuito a scala mensile
- la valutazione della propagazione dell'onda di piena in sezioni di controllo dei reticoli idrografici mediante un modello distribuito afflussi/deflussi
- il monitoraggio della qualità delle risorse idriche superficiali e sotterranee della Regione Liguria
- la caratterizzazione degli acquiferi Bisagno e Polcevera
- il monitoraggio delle acque marine costiere della Regione Liguria

Nel seguito vengono sintetizzate le principali nozioni relative ai sistemi informativi geografici e successivamente viene descritto come sono state realizzate le mappe di caratterizzazione degli acquiferi Bisagno e Polcevera mediante l'uso di un GIS.

2. NOZIONI DI BASE RELATIVE AI G.I.S.

I *G.I.S.*, *Geographical Information Systems*, sono sistemi software per la gestione di informazioni geografiche.

La loro struttura nasce dall'integrazione di tecnologie diverse: i *C.A.D.* (*Computer Aided Design o Drawing*), strumenti di creazione ed editing di dati grafici, e i *D.B.M.S.* (*DataBase Management Systems*) sistemi per l'archiviazione e la gestione di dati alfanumerici.

Pertanto i sistemi informativi geografici consentono di gestire oggetti collocati nello spazio, mediante una rappresentazione grafica che ne riproduce la forma geometrica a cui vengono associate informazioni di varia natura (dati alfanumerici, fotografie, etc.).

Una caratteristica fondamentale dei GIS è la capacità di georeferenziare i dati, cioè di attribuire ad ogni elemento le sue coordinate spaziali secondo il sistema di riferimento assegnato e nelle sue reali dimensioni. Inoltre tali sistemi gestiscono le informazioni riguardanti le relazioni spaziali tra i diversi elementi.

In ambiente GIS i dati possono essere memorizzati utilizzando uno dei sistemi di coordinate ufficiali (coordinate geografiche, sistema di proiezione UTM, etc.) ed è possibile convertire i dati da un sistema all'altro, garantendo l'integrazione di dati provenienti da fonti diverse.

Tipi di dato

I GIS gestiscono dati di tipo geografico ed alfanumerico.

Esistono due modelli geografici: quello *vettoriale*, che rappresenta gli oggetti mediante punti, linee e poligoni; e quello *raster*, ottenuto dalla suddivisione del territorio secondo una griglia a maglia regolare, la cui unità elementare è detta cella o pixel.

Il formato vettoriale descrive la geometria degli oggetti, identificandone i suoi elementi costituenti (ad es. per una linea, le coordinate dei vertici, per un cerchio, ordinate del centro ed il raggio, etc.) e archivia tali informazioni come un insieme ordinato di coordinate.

I dati *vettoriali* possono essere di tipo:

- puntuale, rappresentati da un simbolo, nel caso in cui interessi solo l'individuazione sul territorio di un oggetto e non la sua forma geometrica
- lineare, quando rappresentano oggetti con estensione lineare (strade, fiumi, etc.)
- areale, quando rappresentano aree chiuse (edifici, particelle catastali, etc.)

Ogni oggetto vettoriale può essere corredato da informazioni descrittive, che vengono memorizzate nel database sotto forma di tabella; il sistema gestisce automaticamente il *link* tra tabella e oggetto grafico.

I dati *raster* sono costituiti da un insieme ordinato di celle, a ciascuna delle quali viene assegnato un valore alfanumerico che ne rappresenta un attributo (es. copertura vegetale, piovosità media, temperatura media ecc.) ; il valore assegnato corrisponde al valore medio all'interno della cella.

I dati raster memorizzano intrinsecamente l'informazione alfanumerica e quindi non necessitano di alcun collegamento al database.

I dati vettoriali e raster vengono usati per rappresentare, i primi entità discrete, i secondi entità continue nello spazio; in un sistema informativo geografico possono coesistere e integrarsi mutuamente.

Il reperimento dei dati: valorizzazione del database geografico

Per quanto riguarda i dati alfanumerici le fonti possono essere le più diverse e di conseguenza anche i formati presentano in genere una grande variabilità (es. cartaceo, foglio elettronico, database, etc.). In ogni caso si effettuano delle preelaborazioni al fine di ottenere un formato *ascii* formattato che garantisce un agevole caricamento dei dati in database.

Per quanto riguarda invece i dati grafici, le entità di interesse, (ad es. reticolo idrografico, viabilità, curve di livello, limiti amministrativi ecc.) vengono inserite nel sistema a partire da cartografie esistenti, mediante procedure di *digitalizzazione* oppure mediante *scansione* delle carte e successiva vettorializzazione dei files ottenuti (operazione di riconoscimento delle forme geometriche degli oggetti a partire da dati in formato raster).

3. LE POTENZIALITÀ DEI G.I.S. COME STRUMENTO DI GESTIONE ED ANALISI

La topologia

I sistemi informativi geografici dispongono di diverse funzioni per l'analisi spaziale dei dati; queste funzioni sono possibili grazie al modello dei dati "*georelazionale*" che memorizza, non solo le informazioni geometriche relative agli oggetti, ma anche le informazioni topologiche, cioè le relazioni spaziali tra le componenti elementari di ciascun oggetto e dei diversi oggetti tra loro.

La *topologia* consente di memorizzare i rapporti di connessione (2 archi che condividono un vertice) e di continuità (2 poligoni che

condividono un arco), e quindi di riconoscere ad esempio le aree contigue e identificare le linee che delimitano ciascuna area chiusa.

Le funzioni di overlay e buffering

Tra le funzionalità spaziali, la funzione di *overlay* riveste un ruolo di primaria importanza ; è infatti attraverso di essa che si possono sovrapporre e intersecare gli strati informativi disponibili al fine di produrne di nuovi.

L'*overlay* può essere effettuato tra un tematismo areale ed uno puntuale (ad es. le sorgenti che ricadono all'interno di un bacino idrologico), tra un tematismo areale ed uno lineare (gli acquedotti che sono compresi in un comune), oppure tra due areali (i comuni compresi in un bacino idrologico).

I tematismi derivati da un'operazione di *overlay* ereditano gli attributi propri dei tematismi da cui sono stati derivati.

Un'altra funzione molto utile è quella di *buffering*, che consente di creare delle aree di rispetto, cioè zone che contornano elementi prestabiliti ad una distanza prefissata; ad esempio consente di individuare zone non edificabili nelle vicinanze di un corso d'acqua.

Queste funzioni, insieme ad altre qui non illustrate, consentono di gestire dati geografici e di effettuare analisi spaziali, ottenendo dati derivati di immediata lettura, perché rappresentati in forma grafica.

4. LA CARATTERIZZAZIONE DEGLI ACQUIFERI BISAGNO E POLCEVERA

Descrizione del progetto

AMGA, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Genova, ha condotto nel corso dell'anno 1996 uno studio sulle acque sorgive dei bacini Bisagno e

Polcevera, al fine di determinarne il chimismo delle acque e realizzare delle mappe di distribuzione territoriale dei parametri fisici e geochimici.

In particolare, per quanto riguarda il bacino del torrente Bisagno, avente superficie di 93 km², sono state campionate ed analizzate 130 sorgenti.

L'individuazione delle sorgenti censite per il territorio in esame è stata realizzata consultando: l'archivio delle captazioni da sorgente disponibile presso l'Ufficio Ambiente della Provincia di Genova, un elenco di sorgenti redatto negli anni '40 dall'Istituto Idrografico della Presidenza del Consiglio ed alcune carte topografiche riportanti sorgenti note.

Tali informazioni sono state integrate mediante indagini sul territorio, che hanno consentito di georiferire sulle carte tecniche regionali in scala 1:5000 tutte le sorgenti campionate.

La scelta delle sorgenti da analizzare è stata effettuata in modo da avere una buona distribuzione sul territorio in esame; infatti la realizzazione di carte tematiche richiede l'applicazione di algoritmi di analisi spaziale, che danno buoni risultati solo se la distribuzione dei punti in input è uniforme.

La campagna di campionamento ha avuto durata di circa 5 mesi (febbraio - giugno), evitando quindi periodi siccitosi con conseguenti minime di efflusso.

Alcune analisi sono state effettuate direttamente sul campo; queste sono: temperatura, pH, potenziale redox, ossigeno disciolto.

Le ulteriori analisi sono state eseguite presso il laboratorio AMGA; tali analisi sono:

- solidi totali disciolti
- sodio, potassio, magnesio, calcio, alluminio, cromo,

- manganese, ferro, nichel, rame, zinco, piombo
- cloruri, solfati, nitrati
- ammoniaca, nitriti, idrocarburi, coliformi totali, coliformi fecali.

Fasi del progetto

Dopo aver determinato l'esatta ubicazione delle sorgenti campionate, si è provveduto a georeferirle utilizzando la Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5000; successivamente si è strutturato e valorizzato il database geografico.

In pratica ciò ha comportato la predisposizione di un "progetto GIS" comprendente l'entità sorgente corredata dai seguenti attributi: codice identificativo, coordinate geografiche e i valori dei parametri analitici.

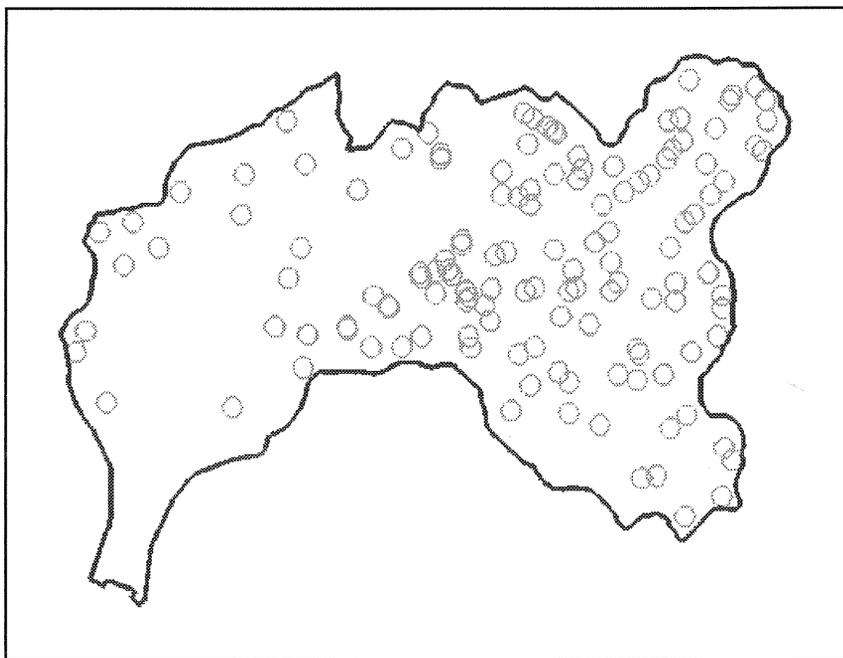


Fig. 1 - georeferenziazione delle sorgenti

Una volta strutturato il database i punti indicanti le sorgenti sono stati digitalizzati, ricavando così in modo preciso le coordinate geografiche, caricate poi automaticamente dal disegno al database, mediante una funzione disponibile nell'ambiente GIS utilizzato (Intergraph-MGE).

Successivamente sono stati caricati in database anche i dati relativi ai parametri analizzati, provenienti dal sistema informativo di gestione del laboratorio.

Sfruttando le funzioni di analisi spaziale disponibili nell'ambiente GIS, sono state realizzate le carte di isoconcentrazione di ciascun parametro d'interesse. La procedura consiste nell'attribuire di volta in volta a ciascun punto una "coordinata z" corrispondente al valore assunto dal parametro in esame; quindi si applica un algoritmo di interpolazione spaziale che opera in due passi: nel primo determina la triangolazione dei punti, e nel secondo calcola la superficie che meglio interpola tali punti secondo criteri selezionabili dall'utente.

La superficie così ottenuta può essere visualizzata utilizzando colori diversi per ciascun range di valori prestabilito, fornendo in tal modo una rappresentazione sintetica del fenomeno modellato.

La figura seguente rappresenta la durezza delle acque di sorgente nel bacino del Bisagno.

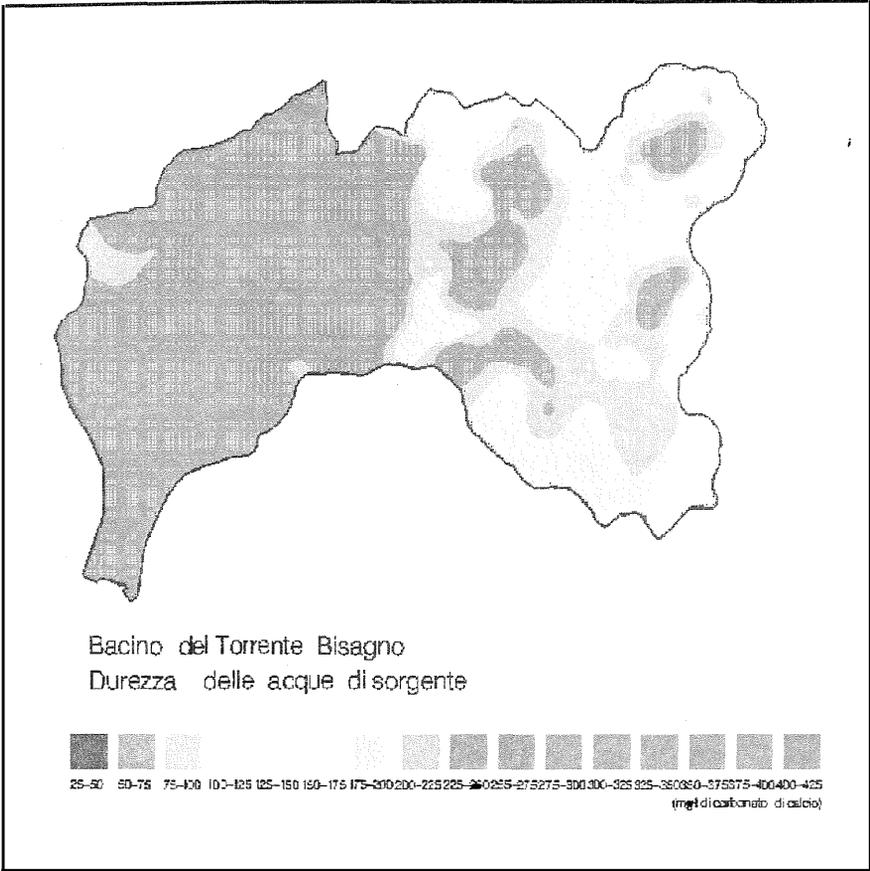


Fig. 2 - durezza delle acque di sorgente

PROBLEMI IGIENICO-SANITARI DELLE ACQUE AD USO UMANO IN UNA PROVINCIA DELL'ARCO ALPINO ORIENTALE

DOMENICO GRAZIOLI

U.L.S.S. n° 2 – Feltre (BL)

Servizio Medicina Preventiva - Acque Potabili

Negli ultimi anni l'interesse per le acque destinate al consumo umano è aumentato anche in montagna: sta prendendo piede e coscienza una problematica complessa in cui cominciano a spuntare i primi dubbi che l'acqua in montagna sia sempre pura, cristallina ed abbondante: anzi possa avere, più spesso e volentieri di quel che si pensi, dei problemi rivelati puntualmente e impietosamente dalle moderne tecnologie analitiche microbiologiche e chimiche utilizzate ormai da anni su larga scala anche in Provincia di Belluno dove, dal 1987, si eseguono annualmente circa 2.500 campioni ed analisi per acque ad uso potabile.

Le risorse idriche

La disponibilità di acqua da destinare, senza trattamenti, al consumo umano, è limitata anche in montagna, nelle Dolomiti, in Provincia di Belluno.

Alcuni Comuni soffrono cronicamente di carenza d'acqua specie nei mesi estivi; nel resto della Provincia le risorse esistenti sono sempre meno direttamente utilizzabili perché risultano non conformi ai parametri qualitativi del D.P.R. 236/88 quasi sempre per limiti microbiologici e talvolta fisico-chimici.

Di qui la continua ricerca anche nella nostra Provincia, di nuove risorse idriche tramite indagini geologiche e perforazioni profonde; ma ciò sembra insufficiente, per cui si comincia a pensare al captare acque superficiali che però possono essere utilizzate solo previo idoneo trattamento.

Origine delle acque potabili

Le acque potabili possono avere, schematicamente, quattro tipi di processi formativi:

1. sorgenti da rocce magmatiche compatte impermeabili (porfidi, graniti), da rocce sedimentarie cementate (arenarie conglomerate) e da argille;
2. sorgenti da rocce permeabili fratturate (scisti cristallini) o solubili (calcari, arenarie);
3. pozzi da falde freatiche o profonde;
4. da acque superficiali direttamente o indirettamente.

Esamineremo qui i primi due processi, in quanto gli altri hanno più importanza in pianura che non nella nostra zona. (fig. 1)

Nelle zone geologicamente contrassegnate da formazioni porfiriche o granitiche (Alpi Centrali e Occidentali) le precipitazioni atmosferiche penetrano con difficoltà e lentezza nella massa rocciosa della montagna, ne percorrono lentamente le sottili ed esigue fessurazioni fino a trovare strati impermeabili che causano la risorgenza in superficie. In queste situazioni avremo quindi sorgenti con portate costanti ma modeste, caratterizzate però da acqua molto leggera (scarso contenuto di sali), a temperatura costante tutto l'anno, microbiologicamente pura in quanto la lunga permanenza nell'acquifero geologico profondo garantisce la morte dei batteri ove presenti (la vita media dei microorganismi è intorno ai 20 gg.)

Nelle Alpi Orientali invece, caratterizzate da estese formazioni carsiche di notevole potenza (es. Lessinia, Altopiano di Asiago, M. Grappa) le precipitazioni atmosferiche combinandosi con i gas dell'atmosfera come l'anidride carbonica, determinano una soluzione debolmente acida di acido carbonico in grado di sciogliere il carbonato di calcio delle rocce calcaree, trasformandolo in carbonato insolubile. Tutto ciò, in tempi geologici, determina la formazione di doline, colatoi, abissi, grotte di ampiezza e profondità variabile fino a dimensioni impressionanti come le grotte di Postumia o l'abisso dei Piani Eterni di Erera (-960m) (BL).

In questo sistema la circolazione delle acque di origine meteorica assume carattere torrentizio, per cui in brevissimo tempo (24-48 -72 h.), l'acqua di pioggia attraversa l'acquifero carsico e risorge a valle.

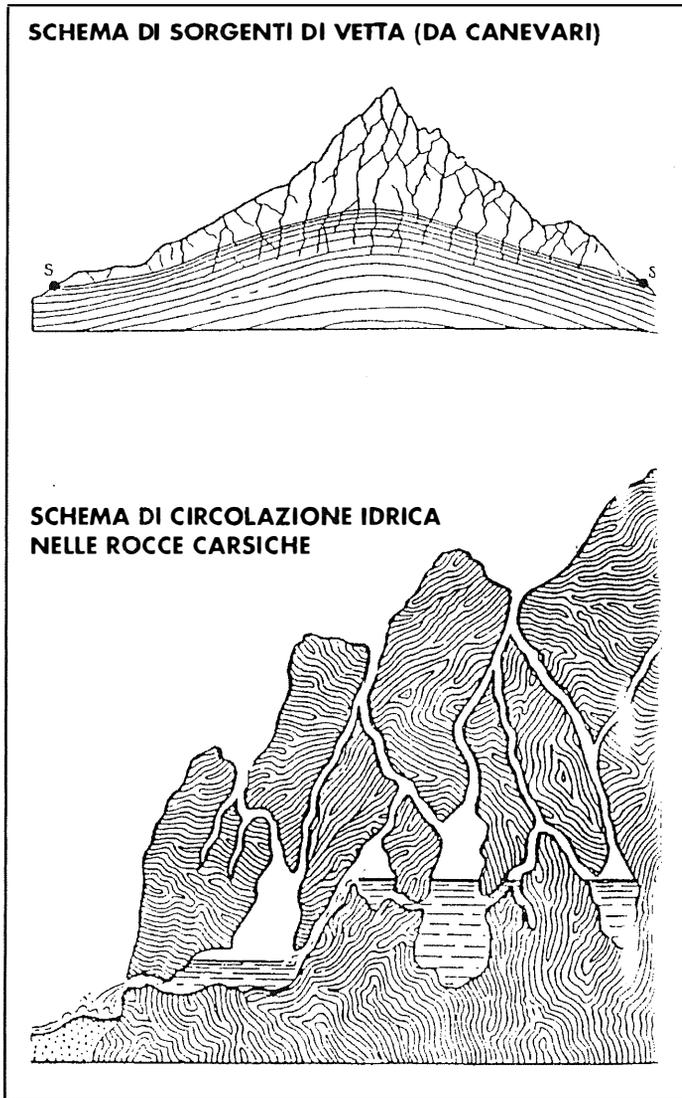


fig. 1

Avremo pertanto sorgenti con portata molto discontinua specie nei mesi estivi, con temperature variabili, ricche di sali disciolti (acque dure), portatrici di elementi presenti nel terreno superficiale dilavato (limo, polvere, flora microbica) per cui, specie in occasione

di abbondanti precipitazioni, avremo acque torbide, con presenza di germi del terreno come coliformi totali o di origine fecale come streptococchi fecali, coliformi fecali, clostridi. L'acquifero calcareo è dunque un sistema molto delicato e fragile se rapportato alle problematiche di inquinamento batteriologico e chimico. E' doveroso ricordare che queste problematiche furono evidenziate già a fine '800 dall'alpinista e geologo francese Edouard A. Martel per cui già nel 1902 la Francia introduceva una normativa a tutela degli acquiferi carsici.

Alcuni aspetti tecnico-scientifici della normativa

Fra tante cose che si possono dire sull'attuale normativa, per la quale si rimanda alla bibliografia, preme sottolineare alcuni aspetti che si ritengono più interessanti per la nostra zona.

In primo luogo l'importanza delle aree di salvaguardia delle risorse idriche (art. 4 D.P.R. 236/88): l'estensione e la distanza dalle opere di presa e di accumulo sono determinate dalla legge, sulla base di sperimentazioni idro-geologiche e sulla velocità di progressione di eventuale materiale inquinante verso l'acquifero, in modo da dare all'Ente gestore il tempo sufficiente per intervenire e prevenire l'inquinamento della risorsa idrica.

Naturalmente, nelle nostre zone, l'area di salvaguardia difficilmente potrà avere una forma di circonferenza, in quanto le sorgenti sono in genere poste in pendenza, per cui risulta inutile salvaguardare le aree a valle mentre può essere importante estendere l'area verso monte. In secondo luogo si evidenzia che per i parametri chimici, la cui tossicità dipende direttamente e linearmente dalla quantità presente nell'acqua, è prevista non solo la possibilità di deroga (art. 17 e 18 D.P.R. 236/88) della concentrazione massima ammissibile (per es. per il piombo, cromo, pesticidi, ec.) ma anche il finanziamento statale per il risamento dell'acquedotto; per contro, per i parametri microbiologici, i limiti sono invalicabili e "in nessun caso" derogabili. In terzo luogo che i parametri microbiologici comprendono tutti la ricerca dei batteri non patogeni per l'uomo, vale a dire microorganismi puramente indicatori di inquinamento fecale (umano o animale) dell'acqua. Si tratta cioè di segnali indiretti di una possibile potenziale presenza di eventuali batteri patogeni nell'acqua. In particolare, fra

questi batteri indicatori, non patogeni si ripete, si annoverano i cosiddetti "Coli totali" che sono batteri saprofiti cioè presenti naturalmente in gran numero nel terreno oltre che nelle feci animali e umane e nel latte vaccino.

Tale normativa, evidentemente, favorisce la pianura, in cui prevale l'inquinamento chimico, rispetto alla montagna in cui prevale quello microbiologico.

La situazione in Provincia di Belluno

Da vari anni in Provincia si prelevano all'utenza con periodicità prevista dal D.P.R. 236/88 campioni d'acqua distribuita dagli acquedotti pubblici nonché, a richiesta, da quelli privati.

I campioni vengono poi analizzati da Presidio Multizonale di prevenzione dell'ULSS n° 1 di Belluno e i referti inviati ai Settori Igiene Pubblica, ai Sindaci e ai responsabili dei Distretti Sanitari per i provvedimenti di rispettiva competenza. Inoltre, negli ultimi anni, abbiamo compiuto una ricognizione completa, ispettiva e analitica di tutte le risorse idriche e acquedottistiche dei Comuni di competenza.

Premettendo che l'indice di potabilità è dato dalla relazione sottoesposta:

$$\text{Indice di potabilità} = \text{I.P.} = F/T$$

dove:

F = n. campioni di acqua analizzata risultati favorevole

T = n. campioni totali di acqua analizzati

se I.P. = 1 → tutti i campioni favorevoli

se I.P. = 0 → tutti i campioni sfavorevoli

L'indice, negli anni considerati 1987-1991, era migliore per l'ULSS n° 1 Cadore e peggiore per l'ULSS n° 4 di Feltre in cui 5 campioni su 10 non erano regolamentari secondo parametri, in genere microbiologici, del D.P.R. 236/88. (fig. 2)

Si vede inoltre un lento miglioramento dell'indice in tutte 4 le ULSS.

In fig. 2 è rappresentato l'andamento "geografico" dell'indice di potabilità della Provincia nel 1989. Anche da questa figura si può notare che l'indice migliore appartiene alle zone più a Nord e il peggiore al Feltrino, alla Sinistra Piave e qualche Comune sparso.

SUDDIVISIONE DEI COMUNI IN CLASSI DI I.P. 1989 D.P.R. 236/89

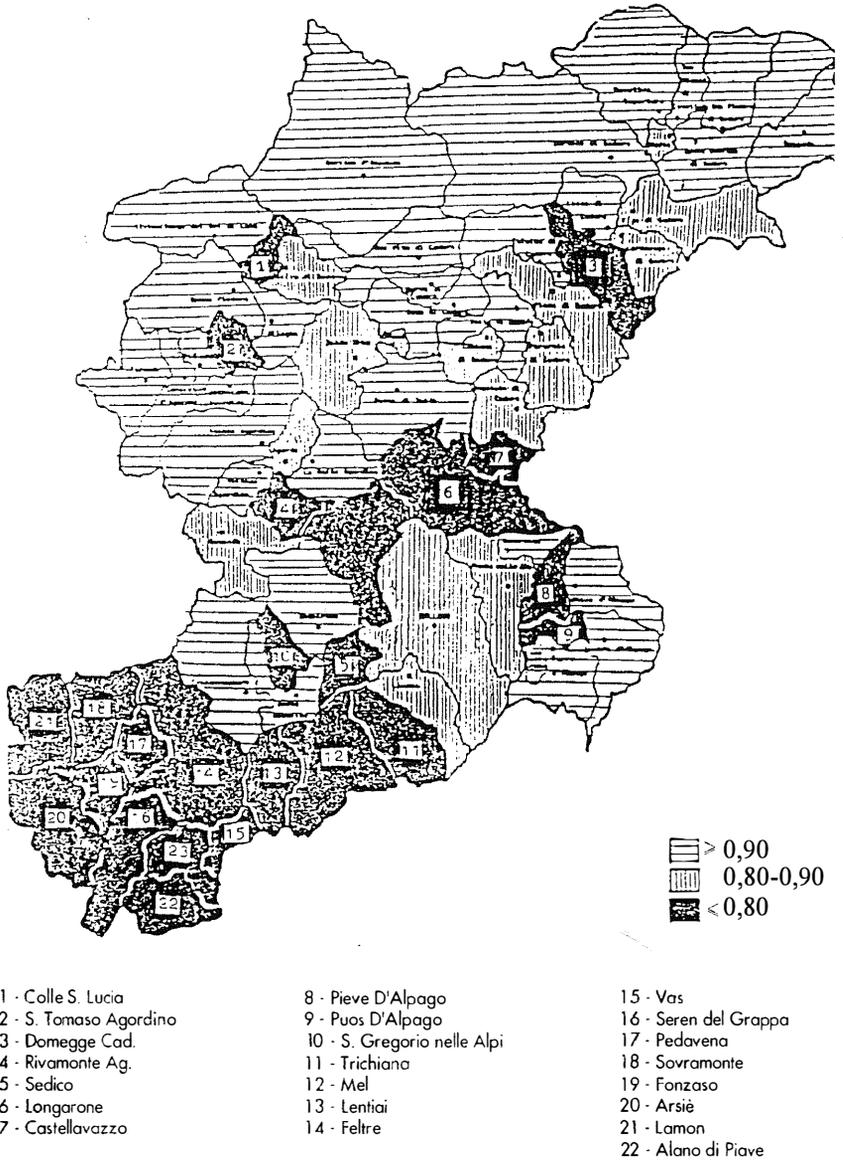


Fig. 2

Perché si ha questo tipo di distribuzione dell'indice di potabilità?

Il confronto con la fig. 3 che riproduce la carta geologica della Provincia secondo Tracanella, può suggerire una prima indicazione e che cioè l'indice sia peggiore nelle zone carsiche.

La fig. 4 rappresenta invece l'andamento dell'indice nel corso di un anno (Settembre 1990-Settembre 1991).

Come si vede l'indice migliora nei mesi invernali e peggiora in quelli estivi.

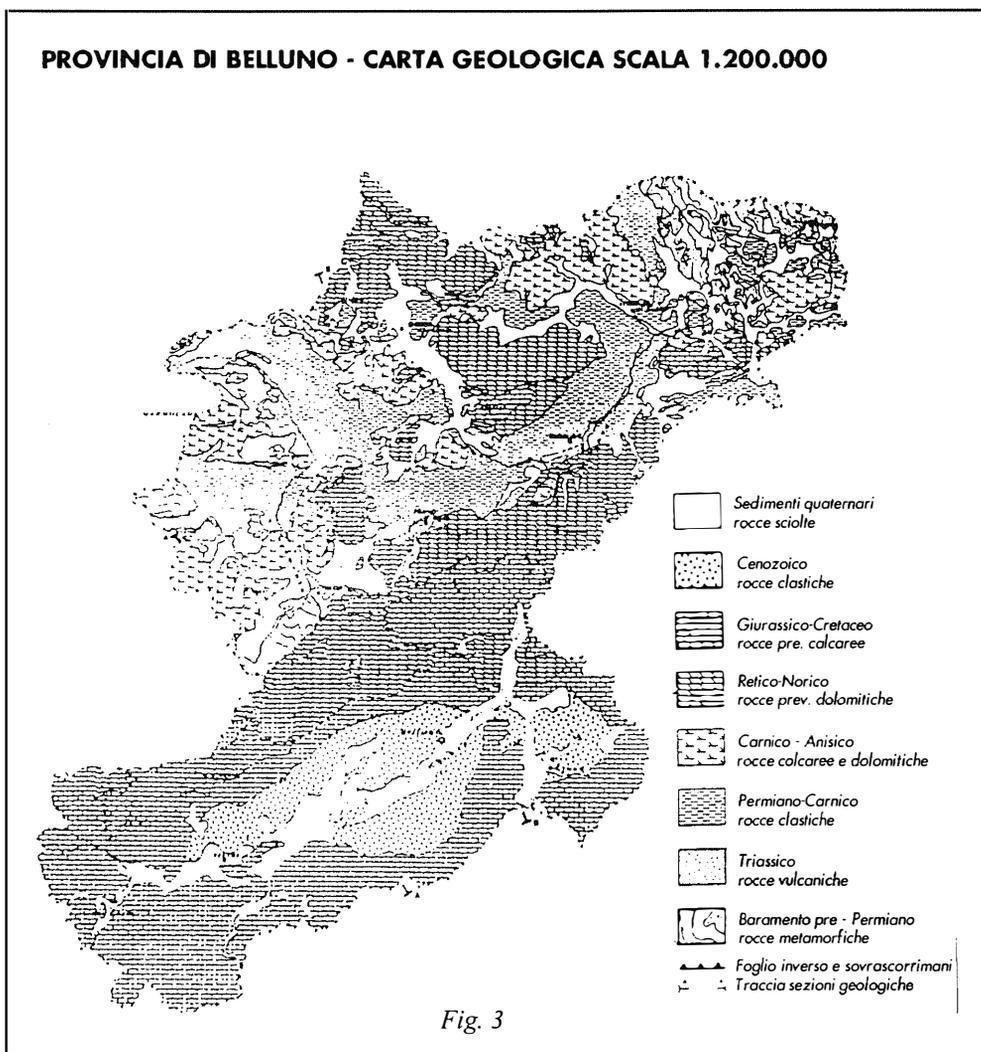
Queste considerazioni ci hanno portato a formulare l'ipotesi che la "cattiva" qualità delle acque nel Feltrino sia dovuta non a "inquinamento", ma semplicemente alla penetrazione in un acquifero geologicamente strutturato di tipo carsico di coli totali ed altri batteri di origine tellurica o fecale a seguito di precipitazioni estive specie se di forte intensità.

L'esplorazione speleologica nelle nostre zone da parte del C.A.I. ha dato un grande contributo conoscitivo in questo senso: infatti sia sul Grappa che sui Piani Eterni si sono dimostrate cavità geologiche di grandi dimensioni: decine di metri di larghezza, centinaia in profondità.

Pertanto sembra logico pensare che gli intensi acquazzoni estivi determinino in queste cavità un flusso torrentizio che in poche ore o giorni sorge a valle, portando naturalmente con sé quanto raccolto in superficie e quindi con tempo insufficiente per una depurazione naturale delle acque. Infatti tale depurazione richiederebbe un periodo di detenzione di almeno 20 gg., tenuto conto che la vita media dei batteri si aggira appunto sui 20 gg., ma che per alcuni patogeni, in particolare sporigeni, può essere maggiore.

Si è invece dimostrato in acquiferi carsici vicini a noi come l'Altopiano di Asiago, che le precipitazioni meteoriche possono attraversarlo e pervenire in 24-48 ore alla sorgente ove ha luogo la captazione acquedottistica.

Ciò rende ragione anche del marginale inquinamento "chimico" di queste acque nei periodi degli acquazzoni estivi e cioè la presenza di torbidità, l'aumento del contenuto di sali, l'ossidabilità e talora la presenza di composti come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati, che sono indicatori di degrado della materia organica e inorganica e spie indirette di inquinamento più o meno recente.



Tale ipotesi interpretativa verrebbe confermata dalla precedente figura in quanto il gelo invernale, trattenendo l'acqua sotto forma di neve o gelo in superficie o entro l'acquifero carsico consentirebbe di superare quel tempo minimo di detenzione di 20 gg. per una depurazione naturale.

Seguendo questa ipotesi e per una sua eventuale verifica, stiamo cercando di vedere, assieme agli enti preposti al rilevamento meteorologico della Regione Veneto, se esista una qualche correlazione fra

l'indice di potabilità o meglio di non potabilità e la temperatura dell'aria e la quantità di precipitazioni: a tal fine si può ipotizzare la seguente equazione:

$$\text{InP} = \text{QPr} \times \text{T}$$

dove:

InP = Indice di non potabilità = 1/I.P.

QPr = Quantità delle precipitazioni

T° = Temperatura aria in C°

Da tale equazione risulterebbe che copiose precipitazioni associate a temperature elevate determinerebbero indici di non potabilità elevati e, viceversa, il combinarsi di precipitazioni scarse o quantomeno non piovose a temperature sotto zero o vicine allo zero migliorerebbero l'indice stesso.

Alla luce di quanto sopra, le stagioni più a rischio per la potabilità delle nostre acque sarebbero dunque quelle coincidenti con i mesi più caldi, dove anche le precipitazioni piovose sono abbondanti.

L'andamento ciclico dell'indice di non potabilità in Provincia di Belluno ha, inoltre, un'altra curiosa caratteristica e in altre parole un gradiente SUD-NORD che, a partire dalla primavera nel Feltrino raggiunge in estate il Bellunese e nell'autunno-inverno l'Agordino e il Cadore: in altre parole osserviamo che i campioni non potabili per i parametri microbiologici che si riscontrano in primavera nel Feltrino con il passare dell'anno si ritrovano nella parte Nord della Provincia.

Ciò è sempre spiegabile con le ipotesi già espresse sulla diversa conformazione geologica della Provincia (a Nord predominano le Dolomiti) e con la diversa altitudine media e quindi con la temperatura dell'ambiente o con la diversa ripartizione della quantità di precipitazioni atmosferiche?

Sono tutte domande cui oggi non siamo in grado di rispondere ma che poniamo ai lettori, consapevoli che questi studi sulle acque esigono interventi, lavori, esplorazioni e ricerche interdisciplinari, con la collaborazione di Enti ed Associazioni più diverse: dall'ULSS al CAI, dalla Forestale alla Regione, dal medico all'ispettore d'igiene, alle guardie forestali, al geologo, al veterinario, al cacciatore, al biologo, al tecnico analista, al chimico, al fisico, ecc.. Solo la riunificazione di intenti, di persone e di competenze potrà dare un

contributo decisivo alla soluzione di questi quesiti così importanti per la nostra collettività che utilizza tutto l'anno questa risorsa e, stagionalmente, la mette a disposizione dei turisti e degli amanti della montagna.

Gli interventi per il miglioramento della qualità delle acque destinate al consumo umano

Sulla base degli interventi analitici compiuti e dei relativi risultati è apparso chiaro che, almeno in alcune zone come il Feltrino, l'indice di potabilità risultava troppo basso per essere tollerato esponendo popolazione, turisti, Enti gestori e gli acquedotti a dei rischi non più accettabili alle soglie del 2000.

E' iniziato pertanto nel 1992, a cura del Settore Igiene Pubblica di Feltre, un sistematico censimento e rilevamento di tutte le risorse idriche comunali destinate al consumo umano presenti nel territorio e dell'ULSS n. 4. Per ognuna di esse è stata predisposta una scheda di rilevazione riportante una dettagliata descrizione delle opere murarie e dell'ambiente circostante nonché una documentazione fotografica delle opere significative; contemporaneamente sono stati effettuati campionamenti alle sorgenti, ai serbatoi di accumulo e all'utenza; per ognuna delle sorgenti sono stati effettuati controlli analitici cosiddetti C4 (analisi di tutti i 62 parametri previsti dal DPR 236/88) mentre nei serbatoi e all'utenza sono stati eseguiti controlli analitici del tipo C2 e C3 integrati; inoltre, pur non essendo previsto dalla normativa vigente, sulle acque prelevate in sorgente è stato effettuato anche il controllo della radioattività.

I risultati sono stati quindi inviati ad ogni Sindaco per il seguito di competenza, accompagnati da una relazione finale riportante i consigli e le indicazioni necessarie per adeguare le opere alla normativa vigente.

In sintesi il lavoro effettuato si può così riassumere:

- Opere di presa censite ed ispezionate: n° 130
- Vasche/serbatoi/partitori censiti ed ispezionati: n° 132
- Reti acquedottistiche controllate: n° 75

- Fotografie eseguite: n° 594
- Campionamenti e relative analisi effettuati in sorgente (C4): n° 106
- Campionamenti e relative analisi effettuati in vasche/utenza (C2-C3): n° 214
- Determinazioni della radioattività: n° 101
- Litri d'acqua campionati ed analizzati: n° 1812

Il lavoro di censimento, raccolta ed elaborazione dati, nonché il campionamento delle acque è stato svolto tra il 24.10.91 ed il 22.12.93 dal personale del Settore Igiene Pubblica di Feltre, coadiuvato dal personale tecnico (fontanieri) dei Comuni di volta in volta interessati e talvolta da personale tecnico del Presidio Multizonale di Prevenzione di Belluno. Le analisi chimico-fisiche, batteriologiche e della radioattività sono state effettuate rispettivamente dalle Sezioni Chimico-Ambientale, Medico-Biotossicologica e Fisico-Ambientale del P.M.P. di Belluno.

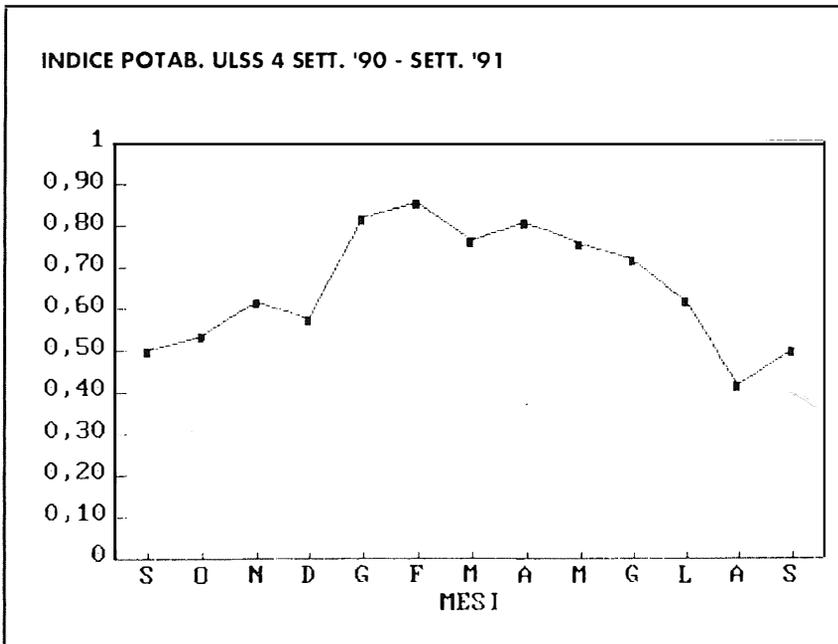


Fig. 4

I risultati dell'indagine conoscitiva sulle risorse idropotabili nel territorio della C.M.F. – U.L.S.S. n° 4

Riportiamo di seguito, sinteticamente, i risultati estrapolati in base alle indicazioni ed alle misure di tutela e salvaguardia previste dai D.P.R. 236/88 e D.M.S. 26.03.91, emersi dall'indagine conoscitiva svolta dal 1991 al 1993 presso tutte le risorse idropotabili pubbliche presenti nel territorio dei 13 Comuni della Comunità Montana Feltrina – U.L.S.S. n° 4.

In totale, sono stati effettuati n° 320 campioni, le cui analisi hanno evidenziato che 267 risultano favorevoli e 53 sfavorevoli, 51 lo sono per parametri batteriologici e due per parametri chimico-fisici.

Per quanto concerne la radioattività, sono stati effettuati 106 campioni, risultati tutti regolamentari. Se consideriamo tutti i 320 campioni effettuati, dei quali 267 risultano favorevoli, ne consegue che l'indice di Potabilità Generale corrisponde a 0.83.

Dall'analisi dei singoli Indici di Potabilità si può dedurre che l'acqua "peggiore" si riscontra alla sorgente, mentre nelle vasche e all'utenza si verifica un netto miglioramento; ciò è dovuto sicuramente ai sistemi di trattamento depurativo e/o alle operazioni straordinarie di pulizia messi in atto dai Comuni in contemporanea con i prelievi. Ciò nonostante, il valore dell'Indice di Potabilità, sia in sorgente, vasche, che all'utenza che quello generale risulta sempre basso e lontano da quel valore a cui uno dovrebbe tendere.

Quella fin qui descritta è stata una campagna mirata al raggiungimento di obiettivi specifici, si fa tuttavia presente che, di pari passo, veniva svolta un'attività di controllo ed analisi cosiddetta di routine. Infatti, fin dal 1987, sono sistematicamente e regolarmente effettuati, da parte del Settore Igiene Pubblica dell'U.L.S.S. n° 4, i controlli periodici sulla rete acquedottistica previsti dalla normativa.

Tali controlli, con cadenza bimestrale per gli acquedotti con meno di 5.000 utenti e cadenza quindicinale per quelli con 5.000-10.000 utenti, per il solo fatto di essere effettuati direttamente alla distribuzione (fontane pubbliche, pubblici esercizi, case private, ecc.) rivestono ben altro carattere e importanza; si tratta, infatti, di controlli sull'acqua che abitualmente si utilizza nelle abitazioni, effettuati

nell'arco di tutto l'anno e nelle più diverse condizioni climatiche e meteorologiche. Per tali motivi questi campioni sono da ritenersi più significativi dello stato igienico dell'acqua all'utenza.

Dal 13.05.87 al 31.12.93 nel territorio dell'U.L.S.S. n° 4 sono stati prelevati in totale n° 3884 campioni di acqua, (oltre 7.000 litri) così suddivisi:

1987: 388 campioni di cui 209 fav. e 154 sfav. I.P. = 0.54

1988: 457 campioni di cui 346 fav. e 111 sfav. I.P. = 0.76

1989: 517 campioni di cui 384 fav. e 133 sfav. I.P. = 0.74

1990: 614 campioni di cui 367 fav. e 247 sfav. I.P. = 0.60

1991: 690 campioni di cui 442 fav. e 248 sfav. I.P. = 0.64

1992: 685 campioni di cui 488 fav. e 197 sfav. I.P. = 0.71

1993: 558 campioni di cui 460 fav. e 98 sfav. I.P. = 0.82

L'analisi dei dati evidenzia una situazione non ottimale. Infatti, l'Indice di Potabilità che, come abbiamo più volte ripetuto, dovrebbe approssimarsi al valore di uno risulta invece ancora abbastanza basso. L'andamento tendenziale appare comunque in ascesa, il che fa ben sperare per il futuro.

Val la pena infine sottolineare che questi ultimi Indici di Potabilità, soprattutto quelli relativi agli anni 1992 e 1993, si avvicinano sostanzialmente a quelli emersi dai controlli in sorgente. Questo, se pur conferma la validità e rappresentatività dei campionamenti routinari, rafforza la nostra convinzione che:

- l'inquinamento delle nostre sorgenti, quando presente, è da ascrivere per la quasi totalità a motivi geomorfologici e/o antropici;
- l'acqua che sgorga dalle nostre sorgenti viene di norma distribuita tal quale al consumo umano senza il fatto che ci si preoccupi se necessiti o meno di qualche trattamento;
- gli interventi degli enti gestori sulla qualità dell'acqua, sulle opere di presa e sulla rete di condottamento e distribuzione non siano stati quasi mai di ordine preventivo ma successivi e conseguenti agli esiti sfavorevoli dei nostri controlli.

Gli effetti degli interventi sulla qualità delle acque

Conseguentemente all'entrata in vigore della normativa di settore e sulla scorta dei dati emersi dagli interventi ispettivi ed analitici effettuati, siamo in grado di elaborare l'andamento dell'indice di Potabilità per ognuno dei 18 Comuni interessati nonché quello complessivo dell'intero territorio.

In questi ultimi anni il trend risulta in moderata ascesa: assistiamo perciò ad un lento miglioramento della qualità dell'acqua. Ciò è dovuto innanzitutto ad un risvegliato interesse degli acquedotti (Comuni e privati) per le loro risorse, spesso trascurate ed abbandonate nel passato: ci si comincia a rendere conto che anche le strutture acquedottistiche necessitano di un'attenta progettazione, costruzione, conduzione e di una costante pulizia e manutenzione.

Una maggior attenzione deriva anche da una nuova e sempre più puntuale normativa che stabilisce per gli stessi dei compiti e delle responsabilità, anche penali, ben precise. Al miglioramento della qualità dell'acqua destinata al consumo umano incide una buona parte anche il ricorso sempre più frequente a sistemi di potabilizzazione tecnologicamente avanzati.

Se in passato per debatterizzare un'acqua si versava una soluzione di ipoclorito di Sodio al 12% (famoso secchio di varechina!) direttamente nella rete acquedottistica senza dosarne i quantitativi e, quasi sempre, senza verificarne gli effetti, oggi giorno la stessa soluzione viene utilizzata sotto stretto controllo tecnico in quanto i quantitativi immessi vengono regolati e dosati da sofisticate apparecchiature elettroniche.

Da qualche anno sono in commercio anche apparecchiature a raggi Ultravioletti (U.V.). La differenza tra i due sistemi, pur fornendo entrambi ottimi risultati, appare rilevante.

Infatti l'Ipoclorito di Sodio ha una accentuata azione battericida residua, che permette il suo utilizzo anche in punti lontani dall'utenza; altera però i caratteri organolettici dell'acqua, quali il sapore e l'odore per cui è considerato inaccettabile dalla nostra popolazione.

Il funzionamento dei raggi U.V. è basato invece sul principio dell'irraggiamento, escludendo l'uso di sostanze chimiche e, conseguentemente, l'alterazione dei caratteri organolettici. Per contro, non

hanno azione battericida residua, il che obbliga il loro utilizzo il più vicino possibile all'utenza. In conclusione per innalzare l'Indice di Potabilità, che equivale al miglioramento dell'acqua, gli Enti gestori la risorsa idropotabile dovrebbero:

- effettuare tutte le operazioni di pulizia e manutenzione ordinaria e straordinaria che necessitano le opere di presa, condottamento e distribuzione;
- approntare un preventivo programma di bonifica e sanificazione di tutte quelle situazioni non regolamentari riscontrate con l'ausilio di sistemi di potabilizzazione chimica (Cloro, Ozono, ecc.) o fisica (raggi U.V.);
- attivare un sistema, anche in forma consorziale così da abbassare i costi, di controlli analitici interni, soprattutto su quelle sorgenti e acquedotti che per loro natura sono considerati a rischio.

A tale scopo, riteniamo che il lavoro di ricerca, studio ed analisi dei singoli acquedotti, finora svolto dal nostro Settore, abbia costituito, per gli Enti preposti alla gestione della risorsa idropotabile, un discreto patrimonio di dati ed indicazioni oltrechè uno strumento immediatamente disponibile da utilizzarsi nelle scelte anzidette; tutto ciò in funzione dell'adeguamento alla vigente normativa dell'acqua destinata al consumo umano e, comunque, di una migliore gestione e governo di questa risorsa limitata.

In effetti, dopo tale indagine, molti privati e molti Comuni si sono attivati per progettare e realizzare opere di migliororia igienico-sanitaria oltre a quelle eseguite sulle opere a servizio di strutture particolari quali malghe e rifugi.

Conclusioni e prospettive per il futuro

La disponibilità e la qualità delle risorse idriche ad uso umano è uno dei problemi più importanti dell'umanità, sia nei paesi in via di sviluppo che in quelli industrializzati. Contrariamente a quanto si pensava fino a poco tempo fa, il problema si è posto anche per la nostra montagna, per la Regione Alpina e per il Bellunese.

Ciò è stato confermato dalle indagini ed analisi sistematiche compiute dal 1987 sulle strutture acquedottistiche e sull'acqua sia

alla scaturigine geologica che all'utenza, in cui siamo partiti con I.P. di poco superiore allo 0.5, vale a dire un campione su due non regolamentare.

Tuttavia, in questi ultimi anni, grazie allo sforzo congiunto di Enti, Associazioni volontaristiche, professionalità e persone molto diverse, l'indice di potabilità è migliorato.

Ciò indica, a nostro parere, che i principi di solidarietà, determinazione, costanza e tenacia delle nostre genti hanno consentito un miglioramento della qualità igienica delle acque e porteranno senz'altro ad una migliore gestione ed utilizzo di questa risorsa preziosa e limitata, in un interesse collettivo futuro, con l'intento e la speranza morale sancita dalla legislazione di consegnare alle generazioni future questo patrimonio migliore di come lo abbiamo trovato.

Da parte nostra abbiamo ripreso i controlli periodici routinari all'utenza e abbiamo predisposto un piano per il controllo ispettivo e analitico C3 e C4 di tutte le fontane pubbliche nel territorio della Comunità Montana Feltrina ULSS n° 4. Inoltre con l'Ente Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi è stato eseguito un controllo tecnico-scientifico e analitico di tutte le risorse idriche utilizzate o meno all'interno del Parco stesso, comprese quelle ipogee. Sono inoltre in corso le elaborazioni dei dati di due anni di monitoraggio continuo delle Sorgenti Lasen Alta e Bassa.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BERBENNI P.: *Verso la revisione della normativa sull'acqua potabile - Inquinamento*. 12-1993.
- 2) CREMONINI L.: *Esperienze in una ULSS coincidente con una Comunità Montana* - Atti Convegno Nazionale Igiene Pubblica nelle Zone Montane - S. Pellegrino 01.06.91.
- 3) D'ARAMENGO C.B: E.A. Martel Riv. CAI 109/5-1988.
- 4) DECET F. - GRAZIOLI D. - PIEROBON F. - BURIGO R.: *Approccio multidisciplinare ai problemi igienico-sanitari delle acque di cisterna delle malghe della Comunità Montana Feltrina* - L'Igiene Moderna 99/4 - 1993.
- 5) D.P.R. 24 maggio 1988, n° 236: Attuazione della Direttiva CEE n° 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano - Suppl. G.U. n° 152 del 30.06.88.
- 6) GASPARO F. - SEMERARO I.: *Considerazioni su una risorgiva temporanea in Val Canzoi* - Atti Mem. Comm. grotte - E. Boegan 13 - 1974.
- 7) GIAMPIETRO P.: *La tutela delle risorse idriche: attualità e prospettive* - Gea 5 - 1993.
- 8) GRAZIOLI D.: *Problemi igienico sanitari nelle malghe della Comunità Montana Feltrina ULSS n° 4 del Veneto* - Tec. San. I/XXVIII, 1990.
- 9) Gruppo Speleologico CAI: *Nota preliminare sul carsismo dei Piani Eterni, Valdobbiadene* - CAI Feltre 1993.
- 10) Legge n° 36 del 05.01.1994. G.U. n° 14 del 19.01.94.
- 11) MERLO G. ed Altri: *I sottoprodotti della disinfezione nella potabilizzazione delle acque*. - Ingegneria Ambientale 10-1993.
- 12) Servizio Geologico d'Italia: *Carta geologica d'Italia, Foglio 22, Feltre*. Seconda edizione.



CONVEGNI DI STUDIO SVOLTI

alla data di stampa del volume

- 1987 Torre Pellice
Naturale e artificiale in montagna
- 1988 Entracque
*Una gita guidata - cosa fare e cosa far fare per organizzare
l'osservazione dell'ambiente*
- 1989 Alagna Rif. Pastore
Una comunità walser: Alagna (atti non pubblicati)
- 1990 Varazze - Alpicella
Antico popolamento nell'area del Beigua
- 1991 Bossea
Ambiente carsico e umano in Val Corsaglia
- 1992 Sampeyre
Insedimenti umani e architettura tradizionale nelle Alpi
- 1994 St. Nicolas
Il bosco e l'uomo nelle Alpi Occidentali
- 1995 Courmayeur
Archivi glaciali - le variazioni climatiche ed i ghiacciai
- 1996 Nava
*L'originalità naturalistica e culturale delle Alpi Liguri nei
loro rapporti con l'Appennino Ligure e con le Alpi Marittime*
- 1997 Susa
Segni della religiosità popolare sulle Alpi Occidentali
- 1998 Ceresole Reale
Le acque della montagna
- 1999 Verrès
*Alimentazione e organizzazione del territorio nelle Alpi Occiden-
tali: tradizioni e prospettive*



finito di stampare
in stampa digitale
nel mese di giugno 2000
dalla
Tipo-litografia
CHIAIS
Vercelli
Via Crispi, 14
tel. 0161 25.12.70
fax 0161 21.57.13