

## Tavola 8.4      Tipi principali di acquiferi

### Introduzione

Le acque sotterranee forniscono l'80 % dell'approvvigionamento idrico della Svizzera. Pertanto, la protezione di queste risorse naturali ed il loro sfruttamento ottimale diventano compiti di primaria importanza per la collettività. La circolazione delle acque sotterranee è molto complessa. Al contrario delle acque superficiali, ne è spesso preclusa l'osservazione diretta. La circolazione dipende dalla struttura geologica che è spesso solo sommariamente nota. Le acque, una volta infiltratesi nel terreno, circolano attraverso gli interstizi del sottosuolo prima di riapparire ad una sorgente o grazie ad un pozzo di pompaggio. Per acquifero si intende una formazione geologica capace di contenere nella sua porosità quantità apprezzabili d'acqua e di permetterne la circolazione sotterranea. La porosità della roccia è caratterizzata dalla presenza di minuscoli interstizi o vuoti intergranulari, di fratture più o meno aperte o addirittura di vaste cavità, come ad esempio nelle rocce carsiche. Nel caso in cui gli interstizi siano occupati dall'acqua (zona di saturazione) si parla di falda freatica. Questa tavola dell'Atlante, tenuto conto della complessità delle condizioni naturali, rappresenta esclusivamente situazioni idrogeologiche semplici, in modo da illustrare i tipi di circolazione nelle principali rocce serbatoio del sottosuolo svizzero. Sinteticamente si possono definire per la Svizzera sei principali tipi di acquifero, illustrati e descritti, con profili e grafici, secondo la casistica. Per ogni tipologia sono illustrate la dinamica e la distribuzione sul territorio nazionale. La composizione chimica dell'acqua è caratterizzata dalla presenza di sali minerali disciolti per contatto con il sedimento o la roccia. L'illustrazione degli acquiferi caratteristici è completata da un paragrafo sulle acque termali.

### Alluvioni fluviali recenti

Numerose valli sono state scavate dai ghiacciai del Quaternario. Al loro ritiro si sono depositi sedimenti fini di tipo lacustre. Successivamente, i fiumi hanno dato origine a pianie alluvionali costituite da ghiaie e sabbie grossolane. Questa successione di depositi lacustri e alluvionali, così come la loro struttura sedimentaria, sono ben visibili nella Valle del Reno presso Oberriet [1]. Le ghiaie delle «Niederterrassen» mostrano condizioni idrogeologiche simili. Le alluvioni fluviali recenti rappresentano per potenzialità di rendimento degli acquiferi molto importanti. Infatti sia la loro permeabilità sia la loro porosità interstiziale ( $150 \text{ l/m}^3$  circa) sono molto grandi. Sovente la falda freatica è a diretto contatto con il fiume che scorre in superficie; fra i due può quindi verificarsi uno scambio idrico. In condizioni di magra il Reno viene alimentato dalla falda; viceversa, in periodo di piena, parte delle acque fluviali s'infiltrano nel terreno alimentando la falda freatica. Questo fenomeno favorisce la rapida ricarica della riserva idrica. L'acqua fluviale, di regola a basso contenuto di sali minerali, contribuisce a ridurre la mineralizzazione più elevata della falda freatica. Nei bacini con presenza di rocce calcaree l'acqua di falda è spesso bicarbonato-calcica. Importanti quantitativi di solfati sono presenti quando rocce evaporitiche (ad esempio il gesso) risultano a diretto contatto con le alluvioni. Questo tipo di acquifero è purtroppo molto vulnerabile. Lo sfruttamento intensivo del suolo (agricoltura, industria, insediamenti) può influire sfavorevolmente sulla qualità delle acque di una falda, presente già a partire da pochi metri di profondità, e sprovvista di strati protettivi impermeabili.

## Depositi fluvio-glaciali

Questi depositi, pur simili alle alluvioni recenti, sono meno diffusi. Si tratta di riempimenti di antiche valli periglaciali. Sovente, ricoprimenti glaciali (morene) ne dissimulano più o meno integralmente la presenza, come è il caso ad Urdorf [8]. I corpi ghiaiosi di questi depositi sono più discontinui rispetto alle alluvioni recenti ed il loro funzionamento idrodinamico è molto diverso. L'alimentazione di questo acquifero è così non solo limitata alle sole precipitazioni, ma è pure ridotta dalla scarsa permeabilità dei ricoprimenti glaciali. Questi orizzonti poco permeabili provocano il confinamento locale della falda creando risorgenze di tipo artesiano, come è il caso del pozzo di Badwies ad Urdorf. Le acque immagazzinate in profondità sono dunque ben protette da eventuali inquinamenti grazie alle coperture moreniche. La composizione chimica delle acque è simile a quella delle alluvioni fluviali, pur con una maggiore mineralizzazione dovuta ad una prolungata permanenza nell'acquifero.

## Formazioni rocciose molassiche

La roccia molassica, che costituisce il substrato dell'Altipiano (cfr. tavola 8.2), è di composizione molto variabile, comprendendo argille, marne, arenarie e conglomerati. Solo queste ultime due rocce possono contenere sufficienti quantitativi d'acqua per l'alimentazione di sorgenti. La circolazione dell'acqua nella molassa avviene lungo le fratture e nel piano degli strati. L'alterazione superficiale provoca nelle arenarie la dissoluzione del cemento calcareo per una decina di metri di spessore, creando nella roccia una porosità interstiziale favorevole all'immagazzinamento di acqua freatica. L'esempio di Lenzburg [5] mostra come l'acqua meteorica si infiltri dall'alto della collina, defluendo lateralmente, per riapparire, sotto forma di sorgenti, lungo il contatto tra l'aquifero e le sottostanti marne poco permeabili. Su queste colline non è rara la presenza di ricoprimenti d'origine glaciale. Tali sorgenti sono numerose e, sebbene a debole portata, costituiscono nell'insieme una risorsa idrica non trascurabile. Il loro regime è variabile qualora l'acqua circola per mezzo di fessure, più regolare invece allorché l'acqua circola essenzialmente tramite porosità interstiziali. La composizione bicarbonato-calcica e magnesiacca dell'acqua è da imputare al cemento carbonatico delle arenarie.

## Rocce carsiche di tipo carbonatico

Il calcare e le dolomie formano acquiferi caratterizzati da una permeabilità molto eterogenea. L'acqua circola infatti sia in minute fratture e porosità, sia in condotti e cavità carsiche di notevole dimensione, formatesi a seguito della dissoluzione della matrice carbonatica della roccia dovuta ad acqua arricchita in anidride carbonica proveniente dall'aria ed in maggior misura dal suolo. Nelle fessure della roccia la circolazione dell'acqua è modesta, ma in compenso il quantitativo accumulato è notevole. Nelle cavità carsiche invece, la permeabilità è elevata con scarso accumulo di acqua. Interi corsi d'acqua spariscono nel sottosuolo per ricomparire qualche km a valle. La portata di risorgenze e sorgenti carsiche varia parecchio in funzione delle precipitazioni. Le acque carsiche, durante le piene, presentano di regola scarsa qualità batteriologica, a causa della loro rapida circolazione; in questo caso è necessario procedere alla loro disinfezione o al filtraggio. In alcune regioni del Giura e delle Alpi costituiscono ad ogni modo una risorsa insostituibile. L'acqua captata tramite sondaggi profondi è generalmente di qualità migliore. La breve permanenza dell'acqua carsica a contatto con la roccia le conferisce una modesta mineralizzazione di tipo bicarbonato-calcico. Il fiume Areuse, nei pressi di St. Sulpice, è un esempio classico di sorgente carsica in Svizzera [12]. Questa sorgente è alimentata dai calcari del Malm spessi 350 m; le marne dell'Argoviano costituiscono la base dell'acquifero. Non è quindi il rilievo bensì l'estensione di queste marne a rappresentare la delimitazione del bacino imbrifero.

## **Rocce carsiche di tipo evaporitico**

Con questa denominazione si intendono principalmente le rocce contenenti solfati. In Svizzera queste rocce sono presenti nella maggior parte delle formazioni del Triassico. Nella regione del Giura esse si trovano, sotto forma di strati fortemente compressi, essenzialmente all'interno delle anticlinali; nelle Alpi invece le rocce triassiche sono all'origine di acquiferi poco spessi che si estendono su decine di chilometri. In vicinanza della superficie, il gesso è più propenso alla dissoluzione del calcare. La roccia è così percorsa da condotti ad elevata permeabilità. A profondità comprese fra una decina fino ad un centinaio di metri l'anidrite, che è impermeabile, rimpiazza il gesso. La composizione chimica dell'acqua è contrassegnata da una marcata presenza di solfato di calcio, che le conferisce un carattere di acqua minerale; è il caso ad esempio della sorgente di Les Bouillets a Nendaz [4]. Quest'ultima rappresenta una captazione moderna ed efficiente a valle dell'acquifero formato da uno strato di gesso. La presenza di residui insolubili nelle fessure contribuisce alla filtrazione dell'acqua, garantendone una buona qualità microbiologica.

## **Rocce silicatiche cristalline**

La tettonica costituisce il fattore determinante per la circolazione dell'acqua nei massicci cristallini. Infatti le numerose rocce silicatiche (p. es. graniti, gneiss, serpentiniti) non sono né porose né solubili. Le discontinuità (faglie, diaclasi, sovrascorrimenti) conferiscono a queste rocce una debole quanto eterogenea permeabilità. Per uno spessore di alcune decine di metri dalla superficie, la permeabilità è accresciuta dalla presenza di numerose fratture aperte dovute alla decompressione postglaciale dei versanti e a una maggiore alterazione della roccia. Una simile situazione con permeabilità relativamente grande è stata riconosciuta durante l'avanzamento della galleria Mappo – Morettina a Locarno [11]. A maggior profondità, sotto una copertura rocciosa più potente, le venute d'acqua sono molto più modeste, ciò è dovuto alla scarsità di fratture collegate con la superficie. La scarsa solubilità della roccia è all'origine di una mineralizzazione molto modesta dell'acqua, che presenta una leggera acidità dovuta a contenuti minimi di bicarbonato. L'acqua è a volte caratterizzata dalla presenza di solfati non provenienti da rocce gessose bensì all'alterazione di quantità anche importanti di pirite; in alcune venute d'acqua nella galleria Mappo – Morettina si sono misurati 300 mg/l di solfato. Acquiferi di questo tipo sono diffusi nelle regioni cristalline del Massiccio dell'Aar e di quello del Gottardo, come pure nelle Alpi vallesane, ticinesi e dei Grigioni. Le sorgenti sono numerose, ma generalmente con scarse portate.

## **Sistemi geotermici**

I sistemi geotermici, pur non costituendo un acquifero vero e proprio, vengono considerati in questa sede per la loro grande importanza, in quanto sorgenti di acqua termale. Esse sono caratterizzate da elevate temperature alla risorgenza. Si tratta principalmente sia di acque di origine profonda sia di acque infiltratesi dalla superficie fino ad una profondità tale da essere riscaldate geotermicamente. L'esempio di Lavey-les-Bains [2] appartiene a quest'ultima categoria. Gli studi hanno mostrato in questo caso che le acque si spingono sino ad una profondità di 2000 m sotto il livello del mare, dove raggiungono una temperatura di ca. 100 °C. La loro risalita verso la superficie deve essere molto rapida, soprattutto lungo disturbi tettonici, in modo da evitare un raffreddamento eccessivo. L'acqua termale, grazie a condizioni termodinamiche particolari, è molto mineralizzata. In Svizzera sono state identificate 15 zone termali con temperature superiori a 25 °C [13].

## **Ringraziamenti**

La stesura di questo foglio dell'Atlante è stata resa possibile grazie alle informazioni messe a disposizione dagli autori degli studi corrispondenti ai siti illustrati. Questa pubblicazione ha beneficiato del sostegno dell'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio.

## Bibliografia

- [1] **Amt für Wasser- und Energiewirtschaft des Kantons St. Gallen (1984):** Grundwasseruntersuchungen in der Rheinebene zwischen Rüthi und Au. Hydrogeologischer Bericht über das Untersuchungsprogramm vom Winter 1983/84 und dessen Ergebnisse. Büro für Technische Geologie AG, Bericht Nr. 3348, Sargans.
- [2] **Bianchetti, G. (1994):** Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bulletin du Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, No.13, Neuchâtel.
- [3] **Doerfliger, N., Zwahlen, F. (1995):** EPIK: A New Method for the Delineation of Protection Areas in Karstic Environment. Introduction of Symposium on Karst Waters and Environmental Impacts, 10–20 September 1995, Antalya, Turkey.
- [4] **GEOLEP (1994):** Commune de Nendaz – Recaptage de la source des Bouillets, rapport hydrogéologique préliminaire. Etude No. 8716, Laboratoire de géologie (GEOLEP), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- [5] **Hesse, S. (1995):** Typologie des eaux souterraines de la Molasse entre Chambéry et Linz (France, Suisse, Allemagne, Autriche). Thèse de doctorat No. 1417, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- [6] **Jäckli, H. (1966):** Geologischer Atlas der Schweiz, Erläuterungen zum Blatt 1090, Wohlen. Hrsg. Schweizerische Geologische Kommission, Bern.
- [7] **Jäckli, H. (1967):** Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:500 000. In: Atlas der Schweiz: Tafel 16, Eidg. Landestopographie, Wabern–Bern.
- [8] **Kempf, Th. et al. (1986):** Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich (Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25 000). Hrsg. Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich, gemeinsam mit der Schweizerischen Geotechnischen Kommission, Bern.
- [9] **Mandia, Y. (1991):** Typologie des aquifères évaporitiques du Trias dans le bassin lémanique du Rhône (Alpes occidentales). Thèse de doctorat No. 948, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- [10] **Schweizerische Geologische Kommission (Hrsg.) (1980):** Geologische Karte der Schweiz, 1:500 000, 2. Ausgabe, Wabern–Bern.
- [11] **Studio di geologia Dr. A. Baumer (1991):** Idrogeologia, Petrografia, Geomeccanica, Interpretazione dei dati. Rapporti preliminari 2–1991 e 3–1991, Ascona.
- [12] **Tripet, J.-P. (1972):** Etude hydrogéologique du bassin de la source de l'Areuse. Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, Neuchâtel.
- [13] **Vuataz, F.-D. (1983):** Hydrology, Geochemistry and Geothermal Aspects of the Thermal Water from Switzerland and Adjacent Alpine Regions. Journal of Volcanology and Geothermal Research 19:73–97, Amsterdam.
- [14] **Vuataz, F.-D. et. al. (1993):** Programme Géothermoval: Résultats d'une prospection des ressources géothermiques du Valais, Suisse. Bulletin du Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, No. 12:1–37, Neuchâtel.
- [15] **Wildberger, A. (1990):** Karstgebiete in der Schweiz. Unveröffentlichter Bericht mit Karte der Arbeitsgruppe «Karst und Schutzzonen», Geotechnisches Büro Dr. von Moos AG, Zürich.