L'ACQUA CHE BERREMO

L'IMPORTANZA DEGLI ACQUIFERI CARSICI

MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

SSI SOCIETÁ SPELEOLOGICA ITALIANA

Questa brochure prende ispirazione da **l'Acqua che Berremo – Gli speleologi difendono la risorsa più preziosa**, edita nel 2002 a cura di Mario Vianelli e Mauro Chiesi.
Si ringraziano gli autori per il patrimonio lasciato e segnatamente Mauro Chiesi per aver dato lo slancio iniziale all'attuale progetto, sollecitando la partecipazione al bando del MATTM.
A Bartolomeo Vigna, Leonardo Piccini, Deborah Alterisio, Federico Cendron e Daniela Pani un grazie speciale per aver collaborato alla nuova edizione.
È stato un piacere ed un privilegio condividere con voi questo percorso.

PROGETTO L'ACQUA CHE BERREMO 2019

A cura di Serena Fassone

Coordinatore del progetto Serena Fassone
Referente scientifico Raffaella Zerbetto
Responsabile del progetto Vincenzo Martimucci

www.acquacheberremo.it
La brochure è scaricabile dal sito.

2020 Edizione fuori commercio
© Società Speleologica Italiana
Via Zamboni 67 - 40126 Bologna - www.ssi.speleo.it

Tutti i diritti d'autore, di traduzione, elaborazione o riproduzione sotto qualsiasi forma, intera o parziale, sono riservati per tutti i paesi del mondo.

MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

SSI SOCIETÁ SPELEOLOGICA ITALIANA

L'ACQUA CHE BERREMO

L'IMPORTANZA DEGLI ACQUIFERI CARSICI

SSI SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA

Bologna, 2020

Presentazione

Un lago sotterraneo all'interno della grotta del Bue Marino, Sardegna.

L'ACQUA CHE BERREMO è un progetto della Società Speleologica Italiana selezionato e cofinanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) nell'ambito dell'avviso di interesse in materia di educazione ambientale pubblicato nel dicembre del 2018 e indirizzato alle associazioni ambientaliste, per realizzare attività didattiche nelle scuole, focalizzate sulla tutela del territorio, in particolare nell'ambito dei parchi nazionali.
Grazie al supporto dei Gruppi Speleologici affiliati alla SSI, sono state realizzate delle azioni didattiche che hanno visto il coinvolgimento di circa milleduecento studenti in laboratori ed escursioni sul tema delle acque carsiche e sulla tutela del patrimonio ipogeo.
In contemporanea siamo partiti dall'edizione de L'acqua che Berremo edita nel 2002 per realizzare una nuova pubblicazione, completa dei dati raccolti attraverso le ricerche sul campo degli ultimi venti anni, i testi redatti dai nuovi autori e una veste grafica completamente diversa. Il lavoro realizzato ci ha permesso inoltre di portare la mappa degli acquiferi carsici in Italia, dalle 71 sorgenti presenti nella prima edizione, alle 238 di quella attuale.
Lo studio delle risorse idriche e del mondo ipogeo, pone la speleologia come punto di contatto e mezzo di confronto tra la comunità scientifica e la cittadinanza. In questa relazione, il ruolo della Società Speleologica Italiana, membro dell'Unione Internazionale di Speleologia, della Federazione Speleologica Europea e dell'European Environmental Bureau, come Associazione di Protezione Ambientale risulta essenziale.
Il nostro scopo è quello di incentivare l'esplorazione, la documentazione del mondo sotterraneo e la diffusione dei risultati delle ricerche e dei dati raccolti in oltre 70 anni di attività.
Attraverso la rete sul territorio proponiamo tavoli di lavoro, finanziamo progetti e realizziamo corsi di formazione per permettere alle persone di affrontare la geografia del buio in modo consapevole.
L'obbiettivo primario di tutte queste azioni è la tutela ambientale.
A chi ha condiviso il progetto Acqua che Berremo 2019 e ha messo a disposizione la sua professionalità e il suo tempo permettendoci di diffondere alle future generazioni l'importante messaggio di tutela delle acque carsiche, illustrato e analizzato tra le pagine di questa pubblicazione e condiviso con le azioni didattiche nelle scuole, va il nostro più sentito e sincero grazie!
Tutti assieme abbiamo dato inizio ad una nuova pagina legata allo studio delle acque carsiche e alla loro tutela, che come Società Speleologica Italiana porteremo avanti, sviluppando attività didattiche, incentivando momenti di confronti e proponendo ricerche e tavoli di lavoro creando momenti di condivisione.

Vincenzo Martimucci
Presidente della Società Speleologica Italiana
Raffaella Zerbetto
Vice Presidente della Società Speleologica Italiana
Serena Fassone
Coordinatore della Commissione Didattica della Società Speleologica Italiana

Prefazione

Fin dalla preistoria, da quando l'uomo ha iniziato a stabilirsi nelle diverse aree del mondo dove trovava condizioni ideali per l'agricoltura, le aree sorgive sono diventate centri di aggregazione fondamentali intorno ai quali sono nate e sviluppate intere civiltà. Presso molte popolazioni le sorgenti erano addirittura considerate dei luoghi sacri perché grazie all'acqua potevano svilupparsi gli insediamenti e le attività umane. Queste importanti sorgenti erano molto spesso alimentate dagli acquiferi carsici presenti in quasi tutte le regioni del mediterraneo e del medio-oriente. Notizie storiche si hanno già a partire dai fenici e dai greci che iniziarono a costruire degli ingegnosi acquedotti per trasportare le acque dalle sorgenti, a volte localizzate in aree relativamente impervie, fin verso gli insediamenti. Celebre è l'acquedotto del Ninfeo costruito dai greci per alimentare la città di Siracusa che si approvvigionava da una sorgente carsica. È risaputo che la città di Roma, all'epoca imperiale, veniva alimentata da importanti acquedotti che raggiungevano lunghezze di oltre 60 km. Diverse di queste straordinarie opere ingegneristiche prelevavano acqua dalle sorgenti appenniniche come quelle di Acqua Marcia e di Subiaco.

La particolarità delle acque carsiche è legata anche a una elevata concentrazione degli ioni calcio e magnesio fondamentali per il nostro organismo e spesso carenti nelle popolazioni del passato a causa di una dieta alimentare non appropriata. I romani si erano accorti che le popolazioni residenti presso queste sorgenti erano robuste e con delle dentature perfette proprio grazie alla assunzione dei sali presenti in queste acque. L'acqua per i romani aveva una importanza considerevole non solo per l'alimentazione ma anche per le terme, per gli usi igienici che garantivano agli importanti centri urbani di tutto l'impero prosperità e qualità di vita.

Per tutte le civiltà di oggi l'acqua è un fondamentale fabbisogno per il progresso. Serie di importanti acquedotti sono stati realizzati nel '900 per approvvigionare le città e intere regioni che avevano bisogno di notevoli volumi idrici che soltanto le grandi sorgenti ai piedi dei massicci carbonatici potevano fornire. Roma e il comprensorio laziale si approvvigionano dalle sorgenti del Peschiera e delle Capore localizzate presso Rieti, la città di Napoli e altri 48 comuni vengono alimentati dall'Acquedotto Campano che capta le acque dalle sorgenti del Biferno sul versante adriatico del massiccio del Matese in Molise e dalle sorgenti del Torano e del Maretto, che scaturiscono sul versante tirrenico dello stesso massiccio. L'Acquedotto Pugliese che è la più estesa rete idrica del territorio europeo (alimentante 300 comuni) si approvvigiona anche da diverse sorgenti carsiche ubicate nella regione campana (sorgenti di Caposele, Peschiera, Pollentina, Prete e Bagno della Regina). È noto come la Puglia sia prevalentemente costituita da rocce calcaree, ma gli acquiferi profondi sono in parte interessati

L'acquedotto storico di Genova che riforniva acqua alla città già in epoca romana.

Il fiume sotterraneo all'interno della grotta di Su Palu, Sardegna.

dal fenomeno della salinizzazione dovuta all'intrusione marina causata dell'eccessivo e incontrollato emungimento di migliaia di pozzi privati a scopi prevalentemente irrigui. L'elevata vulnerabilità degli acquiferi carsici costituisce il problema principale nelle zone dove sono presenti potenziali centri di pericolo (fonti di inquinamento di origine domestica, agricola e industriale) che possono compromette la qualità di questa preziosa risorsa.
Per fortuna numerose aree di alimentazione degli acquiferi carsici si trovano nelle zone montuose dove l'impatto antropico è trascurabile, ma sul territorio italiano purtroppo numerosi sono stati i casi di inquinamento che hanno interessato le sorgenti carsiche. Discariche abusive, perdite di fognature, di serbatoi di idrocarburi, ma anche soltanto stalle o scarichi di malghe dove si producono formaggi causano agli acquiferi molto vulnerabili elevati valori di inquinamento. Tuttavia occorre evidenziare alcune diverse situazioni.
Con il termine di acquiferi carsici vengono compresi acquiferi impostati in rocce carbonatiche interessati da un indice di carsificazione estremamente variabile da un massiccio all'altro. In alcune aree, in particolare quelle caratterizzate da calcari puri piuttosto compatti, il processo carsico ha agito in modo elevato creando dei reticoli carsici di grandi dimensioni, percorribili anche dagli speleologi. Le velocità dei flussi sotterranei è estremamente elevata e di conseguenza anche la loro vulnerabilità. I massicci delle Alpi Liguri, del Canin, delle Apuane presentano simili contesti. Molto diversa è la situazione degli acquiferi caratterizzati da una elevata microfratturazione della roccia e da un carsismo ridotto o che ha interessato solo porzioni limitate rispetto alla intera area di alimentazione di una sorgente. In tali ambiti la velocità delle acque sotterranee è molto ridotta e di conseguenza anche la loro vulnerabilità. Situazioni simili si trovano in diversi settori dell'Appennino centro-meridionale dove ai piedi dei massicci si trovano sorgenti con portate molto elevate e relativamente costanti nel tempo, come le sorgenti del Peschiera o di Caposele captate da importanti consorzi acquedottistici.
Un altro fattore importante nel condizionare la vulnerabilità di un acquifero è la geometria e lo sviluppo della zona satura, a volte costituita da brevi gallerie sommerse che contengono volumi idrici ridotti e con una notevole velocità delle acque (vulnerabilità elevata), a volte costituita da un reticolo di condotti e fratture con estensione e spessori molto significativi che ospitano riserve idriche di milioni di metri cubi di acqua e flussi molto lenti (vulnerabilità ridotta). I dati raccolti dagli speleologi, che spesso sono gli unici frequentatori di queste zone e che quindi possono documentare in modo esclusivo gravi situazioni di impatti su un dato territorio, sono quindi di grande importanza non solo dal punto di vista scientifico nella documentazione e conoscenza delle aree carsiche, ma anche per la salvaguardia di una risorsa fondamentale per l'uomo come è l'acqua che beviamo e che berremo in futuro.

Bartolomeo Vigna
Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino

Il dono dell'acqua

Le campagne informative degli ultimi anni ci hanno educati a non sprecare l'acqua, ma la strada da fare è ancora molta.
La consapevolezza ci rende responsabili, ma se da una parte assistiamo all'aumento della richiesta idrica, dall'altra ancora troppe persone non hanno accesso all'acqua potabile, sottovalutando il problema dell'inquinamento delle falde acquifere.
L'utilizzo per scopi civili e agricoli di acque inquinate e non salubri costituisce un grave rischio sanitario: nei paesi in via di sviluppo circa l'80% delle malattie sono diffuse dall'acqua infetta e sempre più frequenti sono i casi di intossicazione dovute a contaminazioni di inquinanti vari.
Due terzi del globo è coperto di acqua, ma il 97,5% è salata. Del restante 2,5% solo l'1% è utilizzabile per le attività umane, il resto è soprattutto sottoforma di ghiaccio, importante riserva temporale, che sta però subendo l'attacco della crisi climatica in corso, che la renderà sempre più risorsa rara.
Un essere umano ha un fabbisogno di 5 litri di acqua al giorno, senza cibo può sopravvivere un mese, senza acqua non può superare la settimana. Condizioni di vita accettabili richiederebbero una disponibilità procapite di 40 litri al giorno, utopia per miliardi di persone.
L'OMS, Organizzazione Mondiale della Sanità, afferma che per soddisfare i bisogni vitali la quantità minima a persona è 40 litri al giorno, ma il 40% della popolazione mondiale vive sotto questa soglia con conseguenti condizioni igieniche non accettabili. Nel mondo, una persona su due abita in case che non hanno un sistema fognario, un abitante su cinque non ha acqua potabile a sufficienza.
In Italia la disponibilità idrica diminuisce ogni anno, il 15% della popolazione per quattro mesi l'anno (giugno-settembre) non ha a disposizione una quantità d'acqua pari al fabbisogno idrico medio, con conseguente necessità di ricorrere ad approvvigionamenti diversi (cisterne, costosa acqua in bottiglia...).
In tutto il bacino mediterraneo, nell'ultimo secolo si è verificata una diminuzione delle precipitazioni estive pari al 20%, accompagnata da un aumento delle temperature medie di circa 1,5° C. Le piogge sono sempre più concentrate in periodi brevi e intensi, tutto il sistema a cui eravamo abituati sta evolvendo ed è importante conoscere, studiare e adattarsi a tutto questo cambiamento.
È fondamentale migliorare la gestione delle acque di scarto, depurarle dagli inquinanti chimici, fisici e organici, migliorare i sistemi produttivi riducendo l'acqua virtuale (la quantità di acqua dolce utilizzata nella produzione e nella commercializzazione di alimenti e beni di consumo, waterfootprint) rispettare gli ecosistemi fluviali, gli acquiferi e in particolare i sistemi carsici, sistemi complessi che custodiscono l'ACQUA CHE BERREMO.

Sorgenti di Equi nelle Alpi Apuane. L'acqua torbida è dovuta alla presenza della marmettola (polvere prodotta dall'attività di estrazione e lavorazione del marmo).

La risorsa idrica

In tutto il mondo si assiste a un'impressionante aumento della richiesta idrica. Nelle società che ancora praticano un'economia e un tenore di vita preindustriale il consumo medio procapite per abitante è di circa 30 litri al giorno (e anche meno nelle regioni aride), nei paesi a maggior sviluppo questa quantità è più che decuplicata: 278 litri per abitante in Italia (Censimento delle acque per uso civile – ISTAT 2012), più di 400 in Germania, quasi 600 negli Stati Uniti. E la tendenza è in costante aumento, il che significa che in futuro il problema idrico diventerà pressante anche in regioni che finora non hanno mai sofferto di carenza d'acqua.

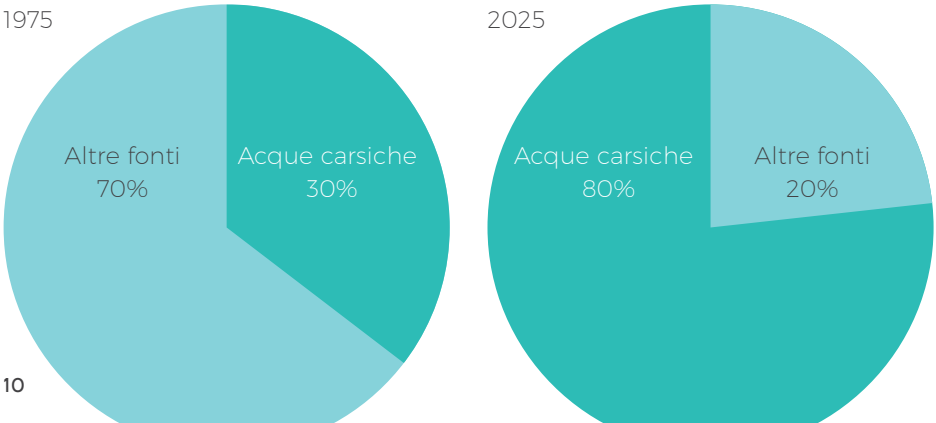
Gli invasi artificiali e altre opere di regimazione hanno aumentato le fonti di approvvigionamento, ma altre sono state in molti casi depauperate; come le falde di pianura, il cui livello è stato fortemente abbassato dall'eccessivo sfruttamento, oppure i fiumi, spesso talmente inquinati da non poter essere usati per scopi idropotabili (ad es. il Po, che alimenta in parte, in alcuni periodi, gli acquedotti di Torino e del basso Ferrarese).

A causa di ciò, sarà sempre più difficile far quadrare il bilancio ed è in questo contesto che le acque degli acquiferi carbonatici avranno in futuro un'importanza fondamentale.

Una corretta gestione delle acque sorgive, e in particolare di quelle delle sorgenti maggiori, potrebbero risolvere i problemi di molte aree cronicamente assetate.

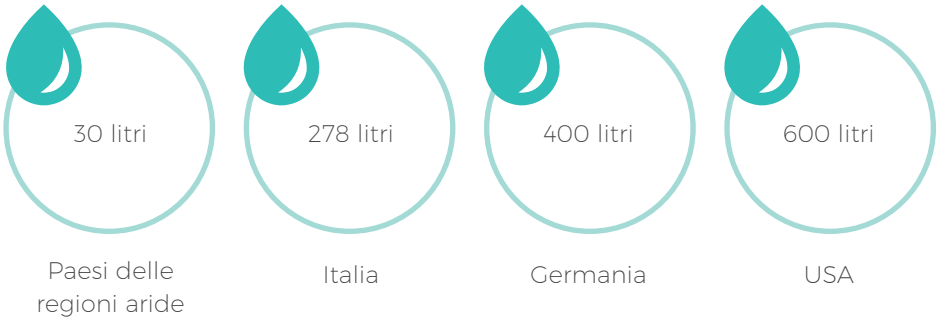
Attualmente, in Italia, il 40% delle acque potabili è fornito da sorgenti alimentate da acquiferi carbonatici, risorsa che viene anche sfruttata per usi industriali, agricoli, idroelettrici, ecc.

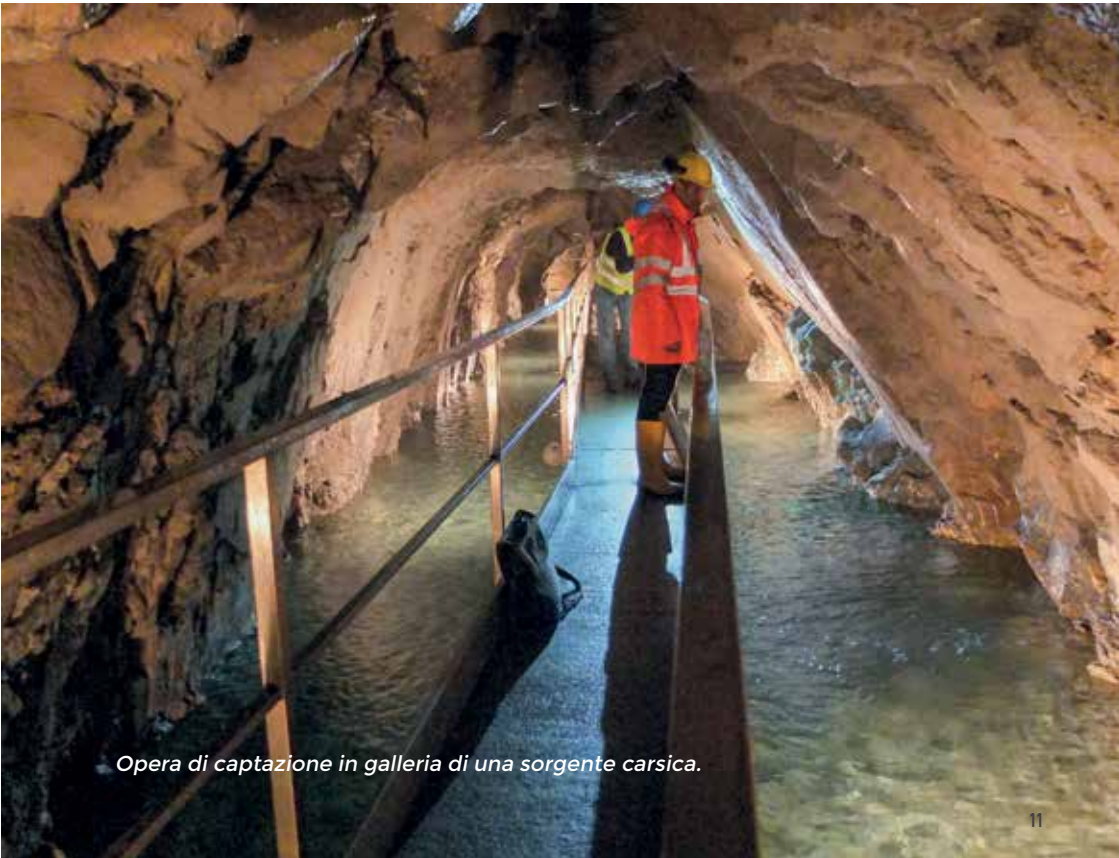
Variazione nelle fonti di approvvigionamento di acqua potabile nell'area mediterranea nel periodo 1975-2025 (fonte FAO).



Uno studio effettuato dalla FAO su scala mondiale prevede che entro il 2025 una buona percentuale della domanda idropotabile dovrà essere soddisfatta dalle acque carsiche: una risorsa enorme, ma non infinita, di buona qualità, per nulla o scarsamente bisognosa di interventi di depurazione a condizione che sia scongiurato l'inquinamento dei bacini d'alimentazione.

Consumo medio procapite in diverse regioni del mondo.





Opera di captazione in galleria di una sorgente carsica.

Acquiferi in rocce carbonatiche

L'acqua è di gran lunga il bene più prezioso di cui possano godere un territorio e i suoi abitanti; risorsa sottovalutata, spesso sprecata dove fluisce in abbondanza, acquista tutto il suo valore solo dove è rara o resa inutilizzabile dall'inquinamento. Il problema, per l'uomo, spesso è proprio quello di trovare l'acqua di buona qualità: sovente è sottoterra, allora bisogna avere i mezzi per scavare pozzi e per sollevarla, oppure scorre negli ammassi rocciosi che la convogliano alle sorgenti spesso ubicate in punti distanti dai grandi centri abitati.

In Italia circa un quarto dei territori montani e collinari (un sesto di tutta la superficie territoriale) è formato da rocce carbonatiche con una permeabilità elevata e quindi con uno scorrimento idrico superficiale scarso o nullo. La carenza di risorse idriche facilmente utilizzabili è stato un fattore fortemente limitante per ogni forma possibile di sviluppo in tutte le zone carsiche. Senz'acqua non si vive, si può tutt'al più tentare di sopravvivere.

Il carsismo è un fenomeno ambivalente: è vero che le montagne costituite da rocce carbonatiche sono spesso prive di acque superficiali, ma funzionano

Una sorgente ai piedi di un massiccio carsico.

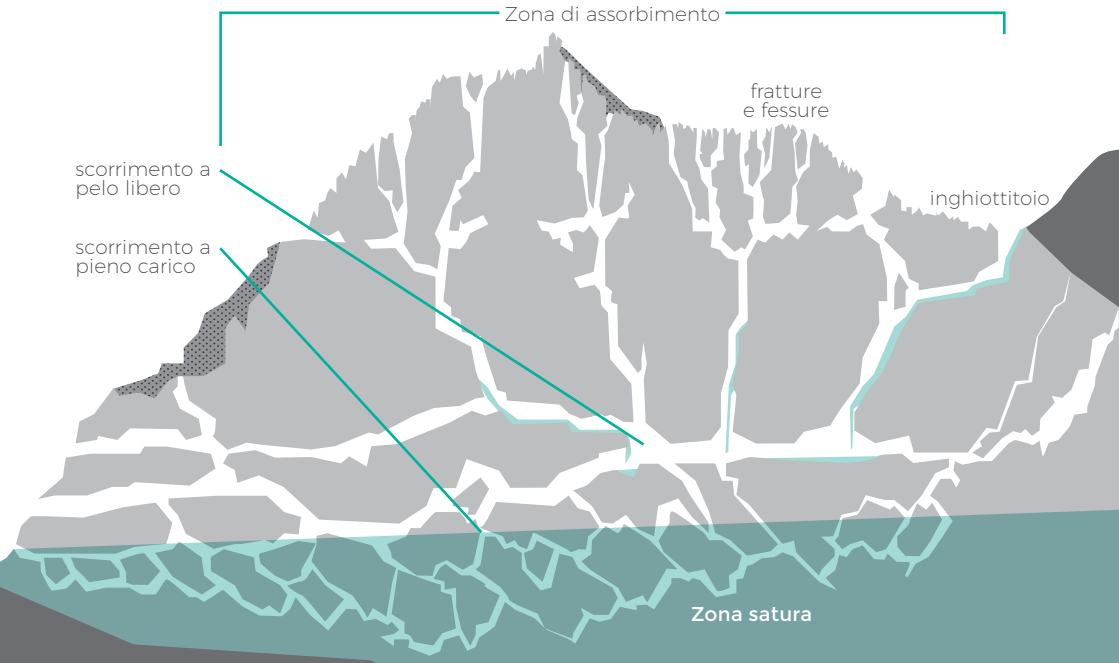
come gigantesche spugne che assorbono e immagazzinano le acque di precipitazione, restituendola a valle in punti ben precisi. Qui si trovano sorgenti imponenti, dove il reticolo idrografico sotterraneo raggiunge la superficie: veri e propri corsi d'acqua che all'improvviso emergono dalle profondità dove hanno avuto origine. In alcuni casi, e sono i più spettacolari, si tratta di corsi d'acqua superficiali che scorrono sulle rocce impermeabili e che vengono inghiottiti in prossimità del contatto con le rocce carsiche dove scompaiono sottoterra per ricomparire, a molti chilometri di distanza, con portate molto maggiori (provenienti dall'alimentazione diretta dall'acquifero carbonatico), e spesso sotto un altro nome. Sono i "fiumi della notte", corsi d'acqua misteriosi e improvvisi, carichi di simbologie e di fascino, come il famoso Timavo, presso Trieste.

Le rocce carsificabili ospitano al loro interno enormi serbatoi di acqua, grazie alla loro grande permeabilità determinata dalla presenza di una fitta rete di fratture che l'acqua stessa tende continuamente ad allargare mediante processi fisici e chimici.

Le vene dei monti

Un sistema carsico si origina dall'infiltrazione di acqua superficiale attraverso punti di assorbimento concentrati (inghiottitoi) o diffusi (fratturazione e microforme carsiche).
La circolazione delle acque sotterranee può essere impostata in un tipico reticolo carsico dove tutti i flussi idrici confluiscono progressivamente a formare un vero e proprio corso d'acqua (chiamato collettore) che spesso scorre in vasti ambienti e gallerie, fino a raggiungere una zona all'interno della montagna in cui tutti i vuoti sono riempiti dall'acqua: la zona satura.
Da queste zone, dove le gallerie sono completamente allagate (condotte "a pieno carico") l'acqua scorre lentamente verso una sorgente, posta generalmente nella zona più bassa della struttura carbonatica, spesso in prossimità del contatto con le rocce impermeabili.
Mentre la velocità delle acque è molto alta nelle zone in cui scorrono sotto forma di ruscelli e di fiumi sotterranei (zona vadosa) e in cui le modalità di scorrimento sono del tutto simili a quelle dei corsi d'acqua superficiali con rapide, laghi e cascate, nella zona satura l'acqua prosegue la sua azione chimica sulla roccia, spostandosi con velocità che possono essere inferiori anche a un metro all'ora.

Schema di sistema carsico

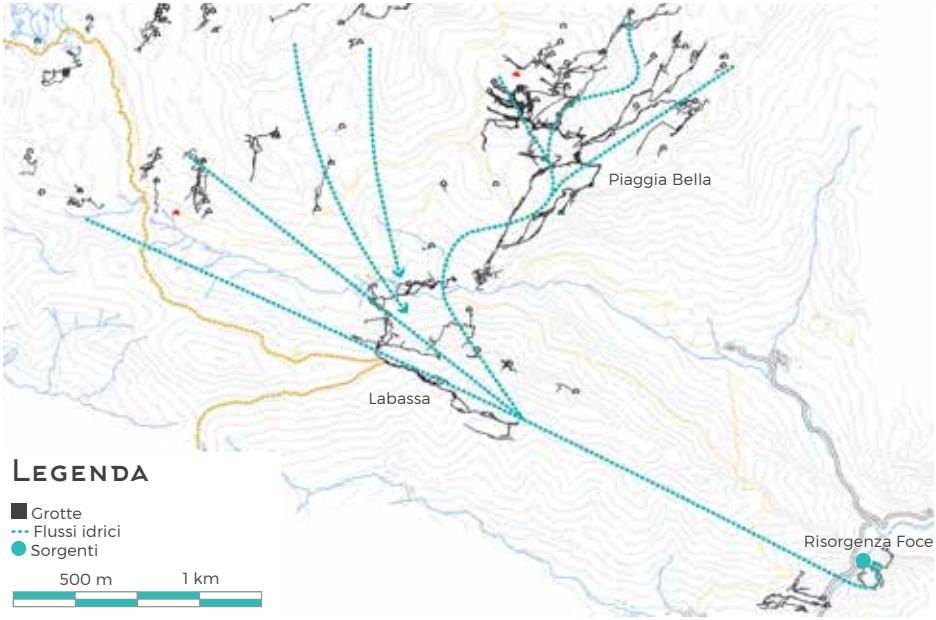


Un tratto del fiume sotterraneo della grotta di Su Palu (Sardegna). A destra un affluente laterale alimenta la portata idrica del collettore principale.

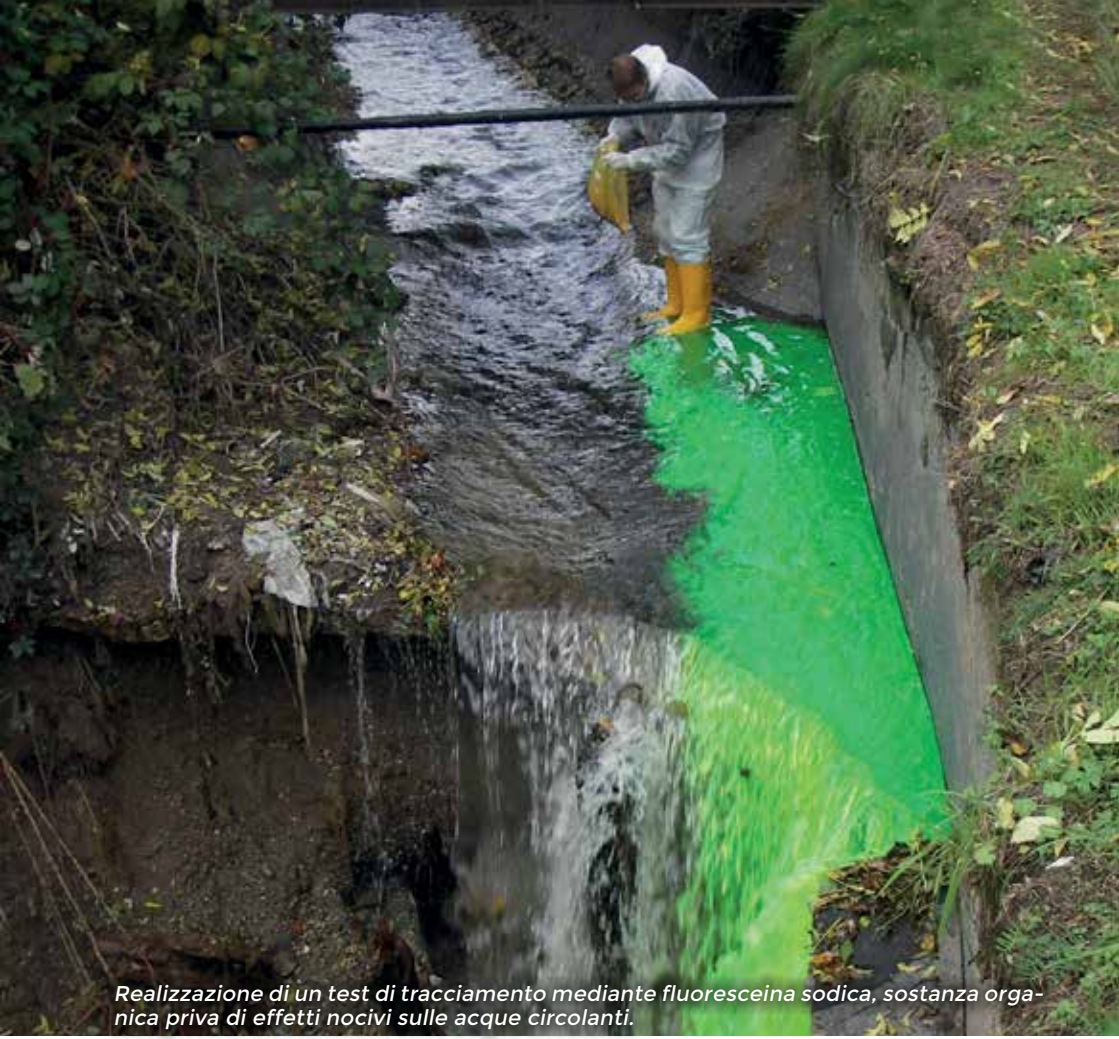
La zona di separazione tra la circolazione in regime vadoso e quello a pieno carico, denominata zona epifreatica, subisce notevoli oscillazioni a seconda del regime delle precipitazioni esterne (in alcuni casi si sono osservate variazioni di livello per oltre 100 metri di altezza) e sulla base della geometria e dimensione delle gallerie che si dirigono verso la zona sorgiva. Nel tempo si verificano progressivi abbassamenti dei livelli idrici della zona satura legati all'approfondimento delle vallate dove sono ubicate le sorgenti: di conseguenza le gallerie un tempo completamente allagate si asciugano, permettendo così di essere percorse. Queste condotte possono quindi essere interessate dalla blanda percolazione delle acque sovrassature che nel tempo dà origine alle concrezioni calcaree: si formano così le cosiddette gallerie fossili.
Il processo inverso può essere legato all'innalzamento del livello del mare dovuto alle oscillazioni climatiche del Quaternario. In questo caso è frequente il ritrovamento di ambienti totalmente allagati e riccamente concrezionati che un tempo erano collocati nella zona non satura del sistema carsico. Oggi questi ambienti sono percorribili solamente con idonee attrezzature da esperti speleologi subacquei e sono generalmente localizzati nei pressi delle coste marine.

Conoscere le vie sotterranee

La speleologia è un mezzo straordinario per scoprire, studiare e catalogare i fenomeni naturali che avvengono all'interno delle montagne carsiche, in particolare nella zona non satura dove si sviluppano la maggior parte delle grotte accessibili all'uomo.
In questa porzione di acquifero avvengono processi fisici, chimici e biologici che gli speleologi possono osservare e studiare per comprendere le modalità di circolazione delle acque sotterranee dalle aree di assorbimento fino alla zona sorgiva.
Gli speleologi da molti decenni collaborano con Enti di ricerca impegnati nello studio dei fenomeni che si svolgono nel sottosuolo. L'esplorazione e la documentazione degli ambienti sotterranei, con particolare riferimento ai rilievi topografici, permette di conoscere le caratteristiche della zona di percolazione e di ruscellamento in regime vadoso (cioè a pelo libero) fino a intercettare i condotti della zona satura. Benché incomplete (normalmente solo una piccola parte dei sistemi carsici è accessibile all'uomo) queste conoscenze sono fondamentali per capire le modalità di circolazione di un sistema carsico e raccogliere dati relativi alla qualità delle acque sotterranee.



Rappresentazione grafica della circolazione idrica del sistema carsico della Foce (Marguareis, CN).



Realizzazione di un test di tracciamento mediante fluoresceina sodica, sostanza organica priva di effetti nocivi sulle acque circolanti.

Indagini dirette permettono infatti di rilevare il percorso delle acque dalla superficie sino, in qualche caso, alla zona satura, di misurare il tempo di transito da quest'ultima fino alla sorgente in diverse condizioni di regime idrico e di valutare la struttura complessiva del sistema carsico. Sono solo gli speleologi che, raggiungendo le zone acquifere in profondità nel cuore delle montagne, possono eseguire test con traccianti artificiali individuando in questo modo le linee di flusso principali verso le sorgenti. Con tali test si riescono così a identificare anche le aree di alimentazione delle sorgenti, indispensabili per dimensionare le aree di salvaguardia delle opere di captazione.

Un'importante informazione che proviene dalla ricerca speleologica è l'individuazione della quota della zona satura all'interno delle grotte. Sempre gli speleologi eseguono studi su idrodinamica e geochimica delle acque carsiche, attrezzando sorgenti o cavità carsiche con sofisticate stazioni scientifiche come il Laboratorio sotterraneo della Grotta di Bossea.

Aree e acquiferi carsici in Italia

Dove sono, e quante sono, le acque carsiche in Italia è abbastanza noto: le portate delle sorgenti ci indicano nel corso degli anni quali sono i volumi rinnovabili, quindi disponibili per un loro corretto sfruttamento. I fenomeni carsici sono ampiamente diffusi in tutto il territorio nazionale e non vi è regione che sia completamente priva di terreni carsici: rocce carbonatiche ed evaporitiche (gessi) si trovano sparse in quasi tutta la penisola, costituendo circa un quarto della superficie collinare e montuosa e un sesto di tutta la superficie della nazione.
Il Carso, tutte le prealpi dalla Carnia al Lago Maggiore, gran parte delle Alpi Marittime, le Alpi Apuane, tutti i principali massicci della dorsale appenninica dalle Marche fino ai Monti di Orsomarso, in Calabria, gran parte della Puglia, vaste zone della Sardegna e in Sicilia; e inoltre una miriade di affioramenti minori, isolati e talvolta poco più che puntiformi: questa è la diffusione delle aree di rocce carsiche in Italia, serbatoi naturali entro cui circolano preziose risorse idriche.
Una singola sorgente di circa 5 metri cubi al secondo, fornisce in un anno circa 160 miliardi di litri, in grado di soddisfare le necessità di poco più di un milione di italiani.
La portata complessiva delle acque carsiche italiane è stata stimata pari a circa 410 metri cubi al secondo (Mouton e Mangano, 1982), corrispondente a un volume di 13 miliardi di metri cubi ogni anno. Costituisce quasi il 10% del deflusso superficiale dell'intero territorio nazionale e il 20% in Italia meridionale.
Tali stime sono per difetto poiché non considerano le portate che alimentano direttamente i corsi d'acqua, perse a mare tramite sorgenti sottomarine o cedute ad altri acquiferi.
Parte di queste risorse, che hanno caratteristiche qualitative generalmente ottime, sono già utilizzate per alimentare gli acquedotti, prevalentemente nel centro-sud dell'Italia, e riforniscono grandi centri urbani quali Roma e Napoli.
Nell'Italia settentrionale, viceversa, la maggioranza delle sorgenti carsiche, alcune delle quali anche di notevole portata, non è captata, poiché l'abbondanza di acqua negli acquiferi di pianura non ha giustificato, sino a oggi, la realizzazione degli acquedotti dei centri urbani della zona padana. In questi ultimi anni, però, i fenomeni d'inquinamento che interessano sempre di più le falde idriche di pianura, stanno rendendo le risorse degli acquiferi carsici della fascia prealpina di estrema importanza.
Le acque carsiche sono quindi risorse di importanza nazionale da destinare prioritariamente al consumo umano, che vanno fortemente tutelate, sia per evitare fenomeni di inquinamento sia per ridurre gli effetti di sprechi o di usi diversi da quello potabile.

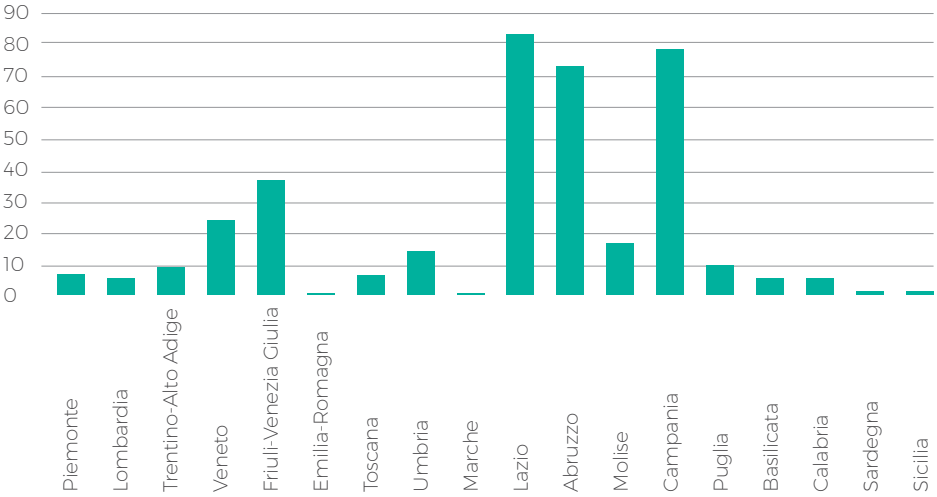
Sorgente con portate molto variabili nella zona carsica del massicio del Marguareis.

Italia: terra di artisti, santi e… sorgenti

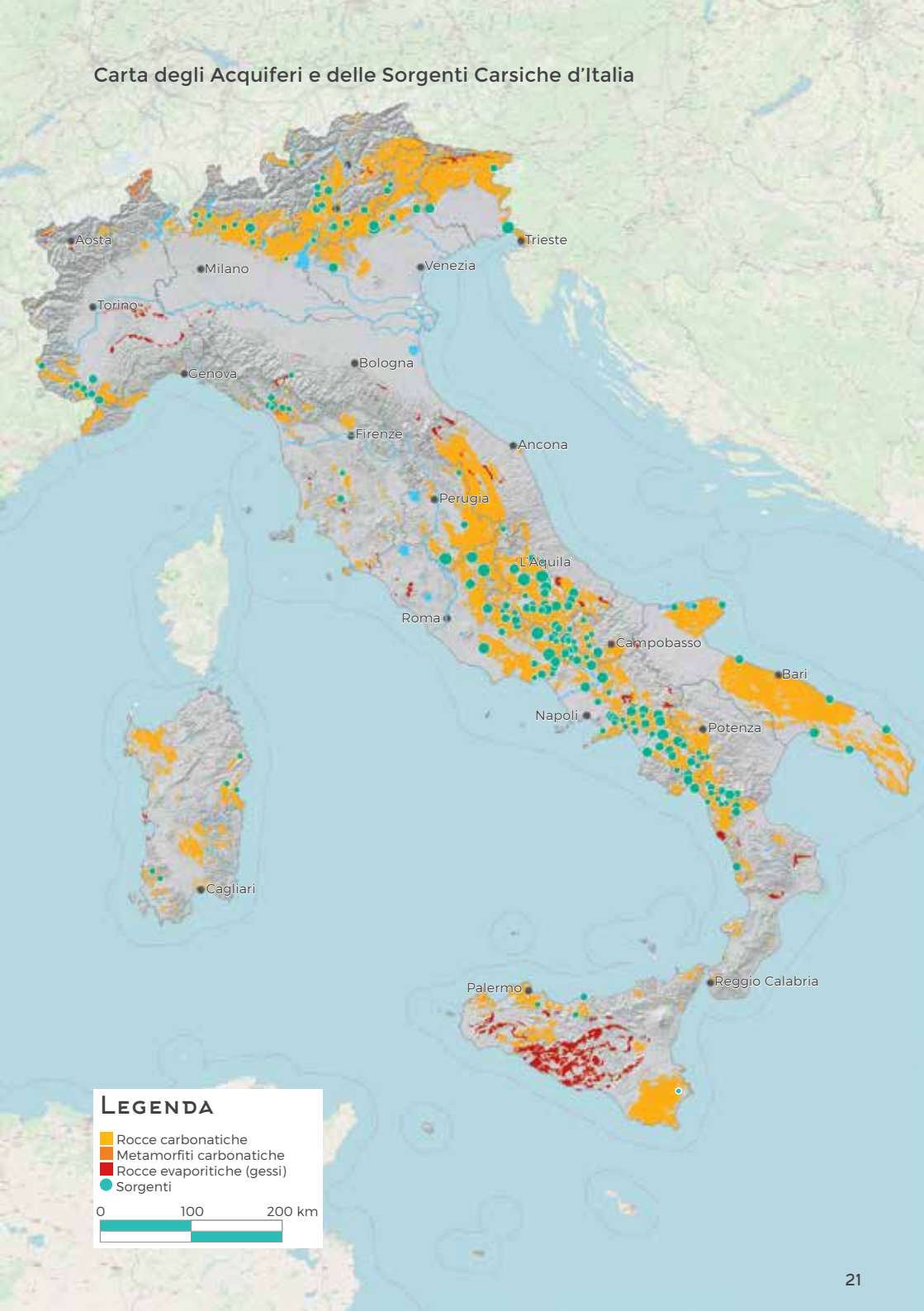
Tra i tanti tipi di rocce che affiorano nella nostra penisola, calcari e dolomie (le cosiddette rocce carbonatiche) hanno un posto di primo piano, distribuite su quasi tutto il territorio nazionale e in particolare nel settore alpino nord-orientale e nell'Appennino centro-meridionale. Le rocce carbonatiche possono infatti ospitare ingenti risorse idriche sotterranee, quando "innaffiate" da precipitazioni abbondanti, cosa che avviene in particolare nelle aree montuose. Questa ingente risorsa, che nel totale ammonta a oltre 400 metri cubi il secondo di portata media, non è però distribuita omogeneamente su tutto il territorio italiano. Questo è ben evidente osservando la Carta degli Acquiferi e delle Sorgenti Carsiche d'Italia che riporta la posizione delle sorgenti carsiche, con portata media superiore a 200 litri al secondo. Una attenta ricerca basata su molte fonti bibliografiche ha portato a individuare quasi 240 sorgenti o gruppi di sorgenti. Una portata superiore a 200 l/s è di per sé quasi sempre indice di una natura carsica dei bacini di alimentazione, poiché praticamente solo nelle aree carsiche si può avere una infiltrazione elevata e una rete di circolazione sotterranea in grado di raccogliere le acque sotterranee su aree sufficientemente vaste da permettere portate di tale entità. A queste vanno aggiunte un numero molto più grande di sorgenti "minori", con portate comunque superiori a qualche decina di litri al secondo, che quindi nel complesso costituiscono una risorsa idrica di notevole

importanza, specie nei contesti meno ricchi di acque superficiali e sotterranee. Le aree più ricche di sorgenti sono quelle dell'Italia centro-meridionale: Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise e Campania. Meno abbondanti solo le sorgenti nelle regioni alpine, per la minore presenza di rocce carbonatiche, ma anche per il fatto che molti massicci calcarei disperdono loro acque sotterranee direttamente nella pianura padana, senza sorgenti ben evidenti. Un caso a sé è quello del Friuli-Venezia Giulia che ospita la più grande sorgente carsica italiana, quella del Timavo, che è al centro di un sistema di sorgenti che drenano l'area del Carso ed è considerata anche "risorgenza" in quanto punto di fuoriuscita del fiume Reka, inghiottito a quasi 40 km di distanza, in territorio sloveno. Altra regione ricca di acque circolanti in sistemi carsici è il Veneto, grazie ai vasti altopiani dell'area prealpina, tra cui l'Altopiano di Asiago, che alimenta la grande sorgente di Oliero, la maggiore sorgente carsica di tutto l'arco alpino. Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige e Toscana sono caratterizzate da sorgenti alimentate da sistemi carsici di non grande estensione ma molto sviluppati e con dislivelli che a volte superano i 2000 metri. Marche, Basilicata e Calabria hanno portate complessive più modeste, anche in rapporto alla loro estensione, a causa di una minore diffusione di rocce carbonatiche, mentre Sardegna e Sicilia scontano soprattutto il prezzo di un clima più arido. Altro caso particolare è quello della Puglia, regione quasi interamente "carsica", le cui sorgenti maggiori si trovano però tutte lungo la fascia costiera. La Liguria ha numerose sorgenti carsiche, ma tutte di portata modesta, mentre l'Emilia-Romagna è l'unica regione ad avere una importante sorgente alimentata da rocce evaporitiche. Unica regione priva di grosse sorgenti e la valle d'Aosta, che però non ha certo problemi di approvvigionamento idrico, potendo contare su una fitta rete di corsi d'acqua alimentati dalle masse di ghiaccio della porzione più elevata delle Alpi.

Portata globale delle principali sorgenti carsiche delle regioni italiane (mc/sec)



Carta degli Acquiferi e delle Sorgenti Carsiche d'Italia



Proteggere le montagne e l'acqua

Interventi di bonifica ambientale in una grotta utilizzata come discarica.

In un periodo in cui tanto si parla di rifiuti speciali, di inquinamento dell'aria e delle acque, è invece quasi totalmente ignorato un problema apparentemente nascosto, la cui gravità non è ancora ben compresa: l'inquinamento del sottosuolo, che nelle zone carsiche può assumere dimensioni molto gravi. L'inquinamento sotterraneo ha origine antiche: la diffusa credenza che sia sufficiente nascondere i rifiuti nelle depressioni o nelle cavità carsiche, pensando che non costituiscano più un problema, può diventare un grave incognita per la qualità di queste risorse. Nelle regioni carsiche è da sempre invalso l'uso di gettare rifiuti nei pozzi naturali; già alla fine del secolo scorso il grande speleologo e idrologo francese Edouard Martel evidenziò come tale pratica era in diretta relazione con le ricorrenti epidemie di tifo che flagellavano le vallate pirenaiche oggetto dei suoi studi.

Il problema è aggravato dalle caratteristiche stesse di alcuni acquiferi altamente

carsificati, direttamente collegati alla superficie e dove l'acqua scorre a velocità elevate, con scarso potere auto-depurante e nessuna capacità filtrante. La presenza di estese zone sature e di bacini sotterranei può favorire l'accumulo delle sostanze inquinanti che in tal modo possono raggiungere concentrazione superiori a quelle della fonte originaria, per poi venire velocemente recapitate alle sorgenti durante le piene. E così l'acqua di sorgente, liquido per antonomasia cristallino e salutare, può diventare una risorsa di scadente qualità che deve essere trattata con costosi impianti per depurarla e poterla usare: un amaro capitolo nella storia dell'umana imprevidenza nei confronti del suo bene più prezioso, quello che rende la terra vivibile.
Il fiume Timavo, che alimenta l'acquedotto di Trieste, ed è stato inquinato dalle concerie dell'ex Jugoslavia; l'intera Puglia che ha unicamente risorse idriche di tipo carsico, dove i rifiuti vengono scaricati al fondo delle doline, in diretta e veloce relazione con la falda carsica; l'acquedotto di Massa, con i filtri continuamente intasati dalla polvere di marmo delle cave apuane; i rifiuti del principale ospedale della Repubblica di San Marino che per anni sono stati gettati in un profondo pozzo naturale, fino a che la spaventosa concentrazione batterica delle acque captate dall'acquedotto di Borgo Maggiore, ai piedi della rupe, non ha scatenato l'allarme: la lista di simili esempi potrebbe essere assai lunga, e soprattutto preoccupante per i tempi e i mezzi necessari ai possibili interventi di risanamento.
È quindi urgente sancire, tutelandone l'integrità, la peculiarità degli ambiti carsici a cui afferiscono preziosi acquiferi, attraverso una adeguata politica di governo del territorio, di sensibilizzazione pubblica e di crescita della cultura ambientale collettiva.

Speleologia e ricerca

Il Servizio Geologico Nazionale e la Società Speleologica Italiana – ente gestore del catasto Nazionale delle Grotte d'Italia – hanno stipulato una convenzione per l'individuazione dei Geositi Ipogei Naturali (GIN) del territorio italiano. Tale accordo riconosce alla Speleologia capacità e competenze per la selezione di tutti quegli ambienti naturali sotterranei che hanno rilevante interesse sotto il profilo geologico in senso lato.
Nella accezione "speleologica" sono quindi da ritenere Geositi Ipogei Naturali (GIN): tutti quegli ambienti sotterranei di origine naturale – le grotte – che per le loro caratteristiche morfologiche intrinseche, per la natura delle rocce nelle quali sono scavate, per quello che contengono o per l'uso che ne è stato fatto dall'uomo nel tempo, presentano caratteri di eccezionalità geologica in senso lato.

Niphargus: piccolo crostaceo acquatico ipogeo, simile a un gamberetto.

Tra gli studi realizzati vale la pena citare il progetto di ricerca europeo PASCALIS *(Protocols for the Assessment and Conservation of Aquatic Life in the Subsurface)* individuò l'area carsica dei Monti Lessini (VR) quale area ottimale di studio per:

- Mappare la biodiversità sotterranea e la distribuzione delle specie endemiche.
- Stabilire un protocollo operativo per la valutazione della biodiversità delle acque sotterranee.
- Individuare i bioindicatori.
- Sensibilizzare l'opinione pubblica europea sul problema della tutela delle acque sotterranee.

L'importanza strategica delle risorse potabili erogate dagli acquiferi carsici è ormai nota, tant'è che l'Autorità di bacino del Tevere ha definito le acque carsiche affioranti nel bacino (che costituiscono circa un quinto delle acque carbonatiche italiane) come "risorse idropotabili a carattere strategico" e le aree di alimentazione "aree di attenzione prioritaria per i Piani di tutela".

Le acque sotterranee albergano una grande quantità di specie animali, molto spesso rare, localizzate e a rischio di estinzione per l'inquinamento.

Lo studio sulla presenza o meno di questi organismi permette di valutare la qualità delle acque sotterranee, nonché di salvaguardare uno degli ecosistemi più preziosi della terra.

Obiettivi e strategie per una tutela integrata

Per un paese in cui oltre un terzo del territorio montuoso è costituito da rocce carbonatiche e oltre il 40% delle risorse idriche a uso potabile proviene da acquiferi carsici, il quadro normativo di tutela - puntuale e territoriale - relativo a queste peculiari e imperdibili risorse risulta, malauguratamente, ancora inadeguato.
Occorre promuovere un complesso di iniziative a larga scala, al fine di:

- Definire univocamente i siti carsici quali patrimonio naturale collettivo.
- Prevenire le conseguenze di impatto negativo di opere pubbliche e private sui siti carsici.
- Rimuovere, ove presenti, le cause di degrado della qualità degli acquiferi carsici.
- Sensibilizzare l'opinione pubblica sull'importanza ambientale delle zone carsiche e avviare progetti didattici a vario livello.

I pianori intensamente carsificati della Pania Secca, Parco naturale regionale delle Alpi Apuane.

Per saperne di più

I test con traccianti in una grotta permettono di conoscere il percorso dell'acqua in un sistema carsico. Nella foto la colorazione all'Abisso Bombassei, Alpi Apuane.

Testi e documenti di approfondimento

Chiesi M. 2001. *La tutela degli acquiferi carsici: un problema ancora ignorato dalla legislazione nazionale.* Atti della Tavola Rotonda Acque del Terzo Millennio, gestione e salvaguardia delle falde acquifere in ambiente carsico. Grotte e dintorni, Museo di Speleologia Franco Anelli, Castellana Grotte, n. 2: 59-70.

Forti P. 1998. *Gli acquiferi carsici: problematiche per il loro studio ed utilizzo. Convegno Nazionale sulle Acque Sotterranee,* Padova 26-27/09/98 publ. GNDCI n. 1908: 13-39.

Ministero dell'ambiente – Museo Friulano di Storia Naturale 2001 *Grotte e fenomeno carsico, la vita nel mondo sotterraneo.* Museo Friulano di Storia Naturale, Udine. ISBN 88-88192-00.

Mouton J., Mangano F. 1982. *Studio sulle risorse in acque sotterranee dell'Italia.* Commissione delle Comunità Europee, Th. Schafer GmbH, Hannover.

Preziosi E., Piccini L. 2000. *Idrogeologia carsica: le indagini speleologiche come strumento di prospezione e ricerca.* Geologia dell'Ambiente, n. 3: 33-38.

Società Speleologica Italiana – Club Alpino Italiano 1989. *Problemi di inquinamento e salvaguardia delle aree carsiche, metodi di indagine e di studio per la gestione delle aree carsiche e delle cavità naturali.* Società Speleologica Italiana-Federazione, Speleologica Pugliese, Nuova Editrice Apulia, Martina Franca (BA).

Vianelli M. -a cura di- 2000. *I Fiumi della notte, alla scoperta delle acque carsiche italiane.* Bollati Boringhieri, Torino. ISBN 88-339-1284-I.

Vianelli M. - a cura di - 2002. *L'Acqua che Berremo - gli speleologi difendono la risorsa più preziosa.* Società Speleologica Italiana, Bologna, Erga Edizioni, Genova.

Indirizzi utili

Centro Italiano di Documentazione Speleologica "Franco Anelli"
Via Zamboni, 67 – 40126 Bologna (Italy) - tel./fax +39 051 2094531

Istituto Italiano di Speleologia
Via Zamboni, 67 – 40126 Bologna (Italy) – tel. +39 051 2094543

Società Speleologica Italiana
Via Zamboni, 67 – 40126 Bologna (Italy) - tel./fax +39 051 534657 - www.ssi.speleo.it

Club Alpino Italiano - Commissione Centrale per La Speleologia
Via E. Petrella, 19 – 20124 Milano (Italy) - tel. +39 02 2057231 fax +39 02 205723201 – www.cai.it

Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico - Coordinamento Speleologico
www.soccorso.speleo.it

Crediti Carta (pag.21)

Andrea Borsato (Department of Earth Science, University of Newcastle), **Federico Cendron** (Coordinatore Commissione Nazionale Catasto - Società Speleologica Italiana), **Norma Damiano** (Federazione Speleologica Campana), **Andrea Ferrario** (Federazione Speleologica Lombarda), **Furio Finocchiaro** (Dipartimento di Matematica e Geoscienze - Università degli Studi di Trieste e Federazione Speleologica Regionale FVG), **Gianni Mecchia** (Federazione Speleologica del Lazio), **Andrea Monti** (Federazione Speleologica Abruzzese), **Mauro Mucedda** (Federazione Speleologica Sarda), **Claudio Pastore** (Gruppo Speleologico Martinese), **Leonardo Piccini** (Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Firenze), **Furio Premiani** (Federazione Speleologica Regionale FVG), **Michele Sivelli** (Centro Italiano di Documentazione Speleologica), **Marco Vattano** (Università degli Studi di Palermo), **Alessandro Vernassa** (Delegazione Speleologica Ligure), **Bartolomeo Vigna** (Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture - Politecnico di Torino), **Luca Zini** (Dipartimento di Matematica e Geoscienze - Università degli Studi di Trieste).

Esempio di montagna costituita da rocce carbonatiche. La zona è priva di scorrimento idrico superficiale.

Testi Daniela Pani, Leonardo Piccini, Mario Vianelli, Bartolomeo Vigna, Raffaella Zerbetto.
Referenze fotografie Deborah Alterisio (19, 28), Archivio SSI (22), Silvia Aricca (2, 6, 15), Valentina Balestra (24), F T da Plex (copertina), Michele Pazzini (26), Leonardo Piccini (9, 25), Shutterstock (5), Bartolomeno Vigna (11, 12, 17).
Mappa acquiferi carsici Leonardo Piccini e Federico Cendron
Grafica e impaginazione Deborah Alterisio - www.side-design.it
Stampa CASMA srl – Bologna
ISBN 88-89897-19-5
Finito di stampare nel mese di Giugno 2020

ISBN 978-88-89897-19-5