



“A deterministic walk looking for springs - quanto è bello andare in giro per le sorgenti bolognesi!”

Field Trip June 22th 2012

Escursione 22 giugno 2012

Field Trip Guidebook, Part I



Guida all'Escursione, Parte I





*“A deterministic walk looking for springs -
quanto è bello andare in giro per le sorgenti bolognesi!”*

Field Trip June 22th 2012

Escursione 22 giugno 2012

Organizzata da:

S. Segadelli, M.T. De Nardo - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna (SGSS)
ssegadelli@regione.emilia-romagna.it; mdenardo@regione.emilia-romagna.it

A. Gargini - Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Alma Mater Studiorum Università di Bologna
alessandro.gargini@unibo.it

A. Bonoli - Dipartimento Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali, Alma Mater Studiorum Università di Bologna
alessandra.bonoli@unibo.it

S. Vannini - Studio STAV, Territorio, Ambiente, Energia; Vergato (BO)
vannini.stefano@gmail.com

Con la collaborazione di:

Comune di Castel d'Aiano (BO)
Pro-Loco Val d'Aneva, S. Maria di Labante

INDICE

Premessa	6
Stop 1 - Il sito delle Grotte e Sorgenti Pietrificanti di Labante	9
<u>Basato su contributi di:</u>	
M.T. De Nardo, S. Segadelli, A. Gargini	
L. Piccinini, Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova.	
M. Filippini, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Alma Mater Studiorum Università di Bologna.	
Stop 2 - Le Terme di Porretta, un luogo sede di acque naturalmente calde, note sin dall'antichità	23
<u>Basato su contributi di:</u>	
A. Bonoli, N. Ciancabilla (ARPA Regione Emilia-Romagna).	
Alla scoperta della biodiversità delle sorgenti dell'Emilia-Romagna	26
- <i>Il progetto EBERs</i>	
- <i>Alcune delle principali aree sorgentizie nell'Appennino emiliano-romagnolo campionate dal progetto EBERs:</i>	
a) Il Monte Penna	31
b) Le Fonti di Poiano	37
<u>Basato su contributi di:</u>	
S. Segadelli, D. Bonaposta	
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna.	
M. Cantonati - <i>Coordinamento progetto EBERs, Alge bentoniche e Diatomee</i> , N. Angeli - <i>Diatomee</i> , D. Spitale - <i>Briofite e vegetazione</i>	
Museo delle Scienze, Sezione di Limnologia e Algologia, Via Calepina 14, 38122 Trento.	
E. Rott - <i>Alge bentoniche in sorgenti pietrificanti</i>	
Università di Innsbruck, Istituto di Botanica, Sternwartestrasse 15, A-6020 Innsbruck, Austria.	
F. Stoch - <i>Crostacei, copepodi, anfipodi, isopodi</i>	
Libero professionista, Via dello Sboccatore 3/27, 00069 Trevignano Romano, RM.	
J. Nascimbene - <i>Licheni acquatici</i>	
Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, via Giorgieri 10 - 34100 Trieste.	
A. Gherardi , Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Alma Mater Studiorum Università di Bologna.	
G. Martinelli , ARPA Regione Emilia-Romagna.	
Bibliografia essenziale	44

Preface

At the end of the first edition of “Flowpath 2012-Hydrogeology pathways”, the organizers offer the day-trip “*A deterministic walk looking for springs - wandering around the hills of Bologna, how fun!!*”, focused to the exploration of two really different but equally striking hydrogeological settings in Bologna’s Apennines (mountainous region of Reno River).

The **first stop** is focused on *S.Cristoforo di Labante* site (Castel D’Aiano town) where some travertine deposits take place, significant for their extension, thickness and variety of *facies*, if compared to the common geological settings of Emilia-Romagna Apennines. These deposits are crossed by hypogean caves known as “Labante Caves” and they represent a rare example of primary caves into travertine deposits (i.e. caves developed as primary vacuums in travertine and not for the later erosive action of water). The origin of these caves is related to the presence of groundwater discharge, such as S. Cristoforo spring, which is one of the most important springs in Bologna’s Apennines and is in part collected for water supply. The minimum discharge rate collected at this spring (4.6 l/s) is very significant within the Apennines setting, in which the most part of the springs mean discharges are in the order of one l/s or less. The maximum total discharge rate of the spring attains values of 26 l/s. The groundwater flow system discharging at the spring is well-developed and deep and it is set into the middle-Miocene sandstones of Sassoguidano Member (Pantano Formation). The origin of the discharge point is related with the underlying permeability threshold represented by the interbedded sandstones and pelites of Anconella Member (Antognola Formation, Oligo-Miocene age).

An hydrogeologic and environmental issue which is very significant in this area is the necessity to guarantee the local drinkable water supply (the spring serves the waterworks of the towns of Castel D’Aiano and Vergato) together with the preservation of travertine deposits, which are originated by chemical precipitation from a local waterfall. The waterfall is fed, in turn, by the residual discharge not collected for water supply and released from the catchment facility built around Labante spring. An hydrogeological and geological study was carried on in this area in 2010, in order to quantify the amount of groundwater resources drained by the spring, to define the catchment area of the spring and to recalculate the discharge rate to be assigned to the waterfall to maintain the natural grow rate of the travertine deposits. For this kind of rocks, the “pure” chemical processes are significant as much as biological processes, in so far chemical deposition of travertine is facilitated by the peculiar micro-vegetation, which removes carbon dioxide from water, due to photosynthetic activity, and causes an increasing of the pH and the deposition of calcium carbonate. The precipitations of carbonates is also facilitated by a rare Desmidiacea alga, typical of some travertine or “petrifying” springs: *Oocardium stratum*. It’s necessary to remark that the so-called “petrifying” springs are habitats identified as priority environments within the definition of the Sites of Interest for the European Community (SIC), according to the European Directive 92/43/CEE, and the Caves on Labante are included in this list.

The study of biological aspects related with these travertine deposits is included within a project called *EBERs (Exploring the Biodiversity of Emilia-Romagna springs)* which counts the collaboration between the Regional Geological Survey and the Museum “Tridentino” of Environmental Sciences (Trento, Italy), and constitutes the first example of application of the CRENODAT protocol to the study of Emilia-Romagna springs.

The **second step** is focused on Porretta Spa site, in which warm water with deep origin discharge to the surface naturally or by means of pumping. This kind of water is unusual in the regional setting with common occurrence of groundwater with temperatures lower than

20°C. The deep groundwater of Porretta is also characterized by a peculiar chemistry and this is why it is exploited as medical waters since centuries years ago.

Point of interest of the Porretta itinerary will be the visit to the catchment facilities of groundwater, some of which are active since Roman age and are known with peculiar names ("Lion", "Mars", "Damsels" etc.). An historical and hydrogeological *excursus* is planned at this site, about the origin and the ways of exploitation of this peculiar natural resource.

Both the spring systems take origin within the Porretta Formation, and more precisely within the Sandstones of Suviana member. This member consists of sandstones of Oligocene age, with a vertical setting due to tectonic activity and in particular to the activity of a main local fault which puts in contact deep down the Tuscan Units (the member itself belong to Tuscany Units) and the shales of the so-called Sestola-Vidiciatico Unit.

The thermal water of Porretta is fossil-water coming from deep sedimentary-marine aquifers (located more deep than 1000 m b.g.s.); they are related with hydrocarbons formation and are rich in chlorides. The rising of this water is mainly artesian and it is facilitated by the combination of dissolved gas with high temperature. The fossil-water originates:

- In the high spa area: Meso-thermal water (>35°C), with chlorinated-sodium and salsobromide chemistry, discharging in the area of the old Spa Hotel, along Riomaggiore creek;
- In the "Puzzola" area, near Reno River: Ipo-thermal water (20°C<T<35°C) with less salt content (but even salsobromide), which near the springs are subjected to mixing with sub-superficial groundwater, giving origin to salso-sulphureous water by means of peculiar chemical processes.

The material provided to participants consist in **two brochures**.

The **first brochure** includes:

- The description of the two stops;
- The early results of *EBERs* project, about the study of the bio-ecologic features of the Emilia-Romagna springs, including the spring of S. Cristoforo di Labante, on which the first stop of the day-trip is focused.

The **second brochure** includes:

- An illustrative text about geologic features of the aquifers of Emilia-Romagna Apennine;
- A paper about the state of the art of water classified as mineral and thermal in the territories of Emilia-Romagna region, published in 2010;
- A paper about Porretta Spa, published in 2010, to complete the description given during the second stop of the day-trip.

Premessa

A conclusione della prima edizione del Convegno Flowpath - Percorsi di Idrogeologia, gli organizzatori propongono l'escursione "*A deterministic walk looking for springs - quanto è bello andare in giro per le sorgenti bolognesi*" dedicata all'esplorazione di due situazioni idrogeologiche completamente diverse ma ugualmente suggestive, tutte localizzate nell'Appennino bolognese e precisamente nel settore montano del bacino del Fiume Reno.

Il **primo stop** è dedicato al sito di S. Cristoforo di Labante, nel Comune di Castel d'Aiano, dove esistono depositi travertinosi, inusuali per estensione, spessore e diversità di *facies* nel contesto geologico dell'Appennino emiliano-romagnolo. Tali depositi sono interessati da cavità ipogee note come "Grotte di Labante", raro esempio di grotte di origine primaria (non dovute ad erosione delle acque, ma a "vuoti" originari nel travertino) e la loro genesi è legata alla presenza di acque sotterranee che vengono a giorno, anche sotto forma di una sorgente tra le più importanti dell'Appennino bolognese, captata da acquedotto. Questa è appunto la sorgente S.Cristoforo, la cui portata minima captata (4,6 litri al secondo) è di assoluto rispetto per il contesto appenninico, dove la maggior parte delle sorgenti ha portate medie di ordine unitario, se non inferiore. La portata massima complessiva della sorgente, raggiunge valori massimi di circa 26 litri al secondo. Il suo circuito di alimentazione, ben sviluppato e profondo, è ospitato nelle arenite medio-mioceniche del Membro di Sassoguidano della Formazione di Pantano; la sua genesi è legata alla soglia di permeabilità sottoposta e data dalle alternanze arenaceo-pelitiche del Membro di Anconella dell'oligo-miocenica Formazione di Antognola.

Un tema idrogeologico e ambientale cruciale per quest'area è garantire il locale approvvigionamento idropotabile (la sorgente serve gli acquedotti dei comuni di Castel d'Aiano e Vergato), unitamente alla conservazione dei depositi travertinosi, generati per precipitazione chimica dalle acque di una cascata, a loro volta alimentate da un rilascio artificiale e minimo, fuoriuscente dalla captazione della sorgente. Uno studio idrogeologico e geologico dell'area è stato condotto nel 2010, promosso da SGSS e Dipartimento Scienze della Terra di Bologna. Questo vuole quantificare le risorse idriche sotterranee che si manifestano attraverso la sorgente, individuarne l'area di alimentazione, ricalcolare la portata da destinare alla cascata per la naturale crescita dei travertini. Per queste rocce, la parte biologica è non meno importante della "pura" precipitazione chimica, in quanto la deposizione è favorita da una comunità vegetale peculiare, che rimuovendo anidride carbonica dall'acqua per l'attività fotosintetica, causa innalzamento del pH e deposizione di carbonato di calcio. La precipitazione di carbonati è favorita anche da una rara alga Desmidiacea, caratteristica di alcuni tipi di sorgenti con travertini o "pietrificanti": *Oocardium stratum*. Si ricorda che le cosiddette sorgenti "pietrificanti", appunto, sono anche sede di habitat tutelati come prioritari per l'istituzione dei Siti di Interesse Comunitario (SIC), secondo la Direttiva Europea 92/43/CEE, come è il caso delle Grotte di Labante.

Lo studio della componente biologica dei travertini di Labante si colloca nell'ambito di un Progetto denominato EBERs (Exploring the Biodiversity of Emilia-Romagna springs) che vede la collaborazione tra il Servizio Geologico regionale e il Museo delle Scienze di Trento, come primo esempio dell'applicazione del protocollo CRENODAT allo studio delle sorgenti emiliano-romagnole.

Il **secondo stop** è dedicato al sito delle Terme di Porretta, sede della risalita in superficie o comunque dell'emungimento di acque di origine profonda, naturalmente calde (e per questo inusuali nel panorama del termalismo regionale, ricco di acque con temperature inferiori a 20°C) oltre che dal chimismo peculiare, da secoli utilizzate a scopo curativo.

Punto forte dell'itinerario sarà la visita alle opere di captazione, alcune delle quali attive sin dall'epoca romana e dai nomi suggestivi ("Leone", "Marte", "Donzelle" ecc.) prevedendo un *excursus* sia storico che idrogeologico sull'origine e le modalità di utilizzo di questa particolare risorsa naturale.

Entrambi i gruppi sorgentizi scaturiscono nel dominio geologico della Formazione di Porretta e più in dettaglio dal membro delle *Arenarie di Suviana* (già *Arenarie di Porretta Terme*). Si tratta di areniti oligoceniche a stratificazione verticalizzata per effetti della tettonica ed in particolare di una faglia principale che mette a contatto in profondità le Unità Toscane (a cui appartengono le stesse arenarie) con le argilliti della cosiddetta Unità Sestola-Vidiciatico.

Le acque termali di Porretta sono acque fossili di acquiferi profondi marino sedimentari (oltre il migliaio di metri) associate a giacimenti di idrocarburi e ricche in cloruri, la cui risalita essenzialmente di tipo artesiano è favorita dalla combinazione del contenuto in gas con la temperatura elevata. Le acque fossili danno origine:

- ♣ nella zona delle Terme Alte, ad acque mesotermali ($>35^{\circ}\text{C}$), clorurate sodiche e salsobromoiodiche, affioranti presso la zona del vecchio Albergo delle Terme lungo il greto del rio Riomaggiore;
- ♣ nella zona della Puzzola, nei pressi del Fiume Reno, ad acque ipotermali ($20^{\circ}\text{C} < T < 35^{\circ}\text{C}$), a minore tenore salino (ma pur sempre salsobromoiodiche), che poco prima della loro scaturigine, subiscono una perenne miscelazione con falde superficiali, dando origine, attraverso particolari processi biochimici, ad acque salso-solfuree.

Il materiale distribuito ai partecipanti è dato da **due fascicoli**.

Il **primo** comprende:

- la descrizione dei due *stop* della giornata
- i primi risultati del progetto EBERs di studio delle caratteristiche bio-ecologiche delle sorgenti emiliano-romagnole, tra cui quella di S.Cristoforo di Labante oggetto del primo *stop*.

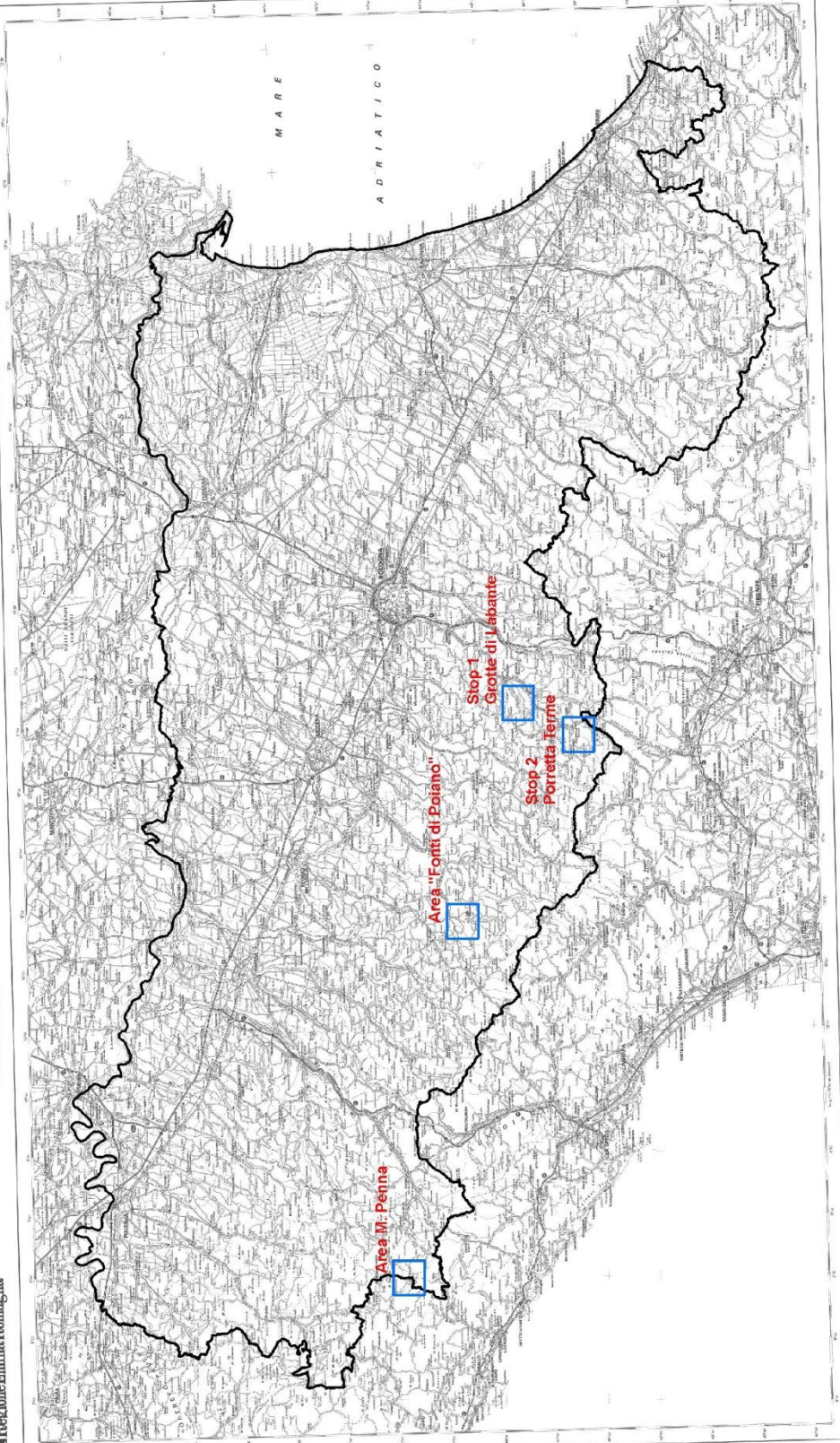
Il **secondo** fascicolo comprende:

- un testo illustrativo delle caratteristiche geologiche degli acquiferi dell'Appennino emiliano-romagnolo
- un articolo sul quadro conoscitivo generale delle acque classificate come minerali e termali in Emilia-Romagna, pubblicato nel 2010.
- un articolo sulle Terme di Porretta, pubblicato nel 2010, a completamento della descrizione del secondo *stop*

EMILIA-ROMAGNA Carta topografica 1 : 250 000

Servizio Cartografico e Geologico

Regione Emilia-Romagna



Nella mappa sono indicati i luoghi descritti nel testo.

Stop I - Il sito delle Grotte e Sorgenti Pietrificanti di Labante

Basato su contributi di: *M.T. De Nardo, S. Segadelli, A. Gargini, L. Piccinini, M. Filippini*

Foto 1 - Grotte e Sorgenti pietrificanti di Labante.



Come arrivare

L'area oggetto del primo stop è situata in provincia di Bologna, nell'alta valle del Reno ed occupa i territori comunali di Castel D'Aiano e Vergato. Da Bologna si prende la SS 64 Porrettana in direzione Sud. Dopo Vergato si svolta a destra lungo la SP 68 in direzione Castel d'Aiano. Giunti a San Cristoforo di Labante si seguono le indicazioni per la Grotta. Il luogo si trova presso il centro abitato di San Cristoforo di Labante, circa a metà strada tra il capoluogo del comune di Vergato e Castel d'Aiano.

Descrizione dell'area e geologia

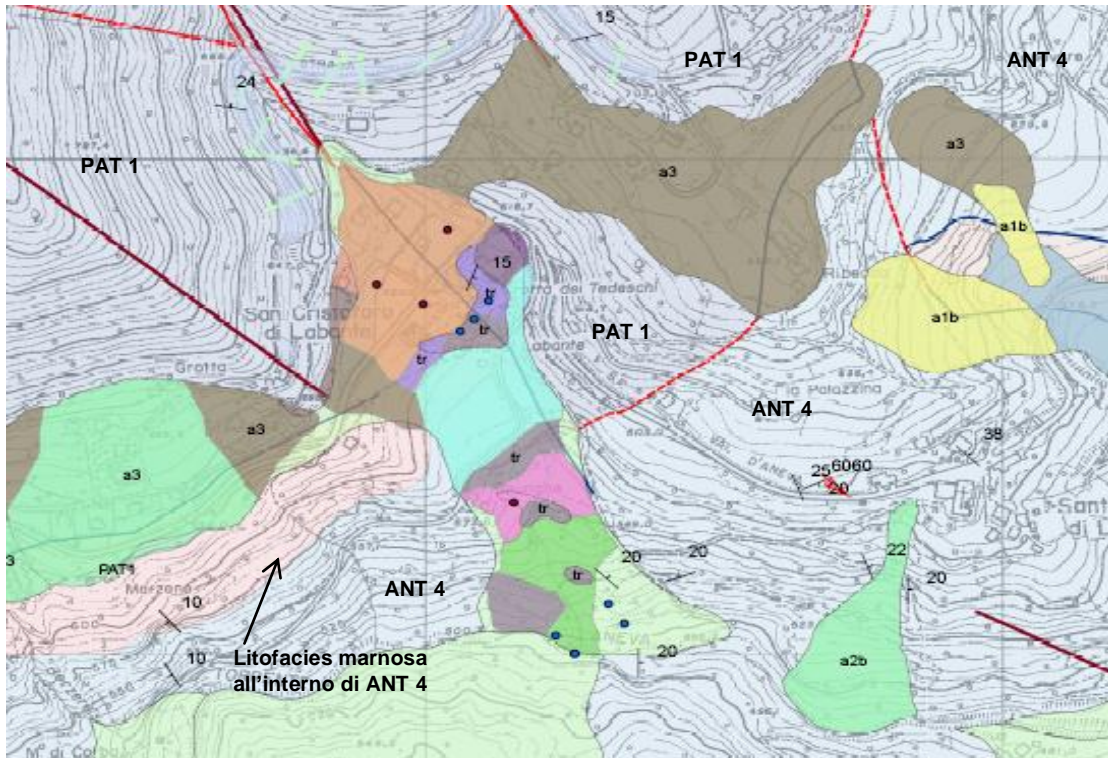
Si tratta di un'area di particolare valore naturalistico riconosciuta a livello europeo (Sito di importanza comunitaria, S.I.C.) legata ad un deposito di travertino originato dalla sorgente di San Cristoforo di Labante, accompagnato dalla formazione di un complesso di grotte di notevole pregio geologico, speleologico e biologico. La più importante è la Grotta di Labante che ha uno sviluppo di 51 m ed un dislivello di 12 m. Accanto ad essa si apre la Grotta dei Tedeschi, che ha uno sviluppo di 15 m ed un dislivello di 2,5 m. È presente anche una cascata naturale, alimentata dalla sorgente che ha costituito il deposito di roccia calcareo-carbonatica (già estratta dagli Etruschi come pietra da costruzione, ad esempio nel contesto della necropoli di Marzabotto).

I travertini sono localizzati a valle della sorgente S. Cristoforo, captata dal locale gestore del servizio idrico integrato *Hera S.p.A.*, ai piedi del versante meridionale di un rilievo che raggiunge i 1000 metri (Monte della Castellana) e che appartiene allo spartiacque del bacino del Torrente Aneva, affluente di sinistra del Fiume Reno.

Le formazioni geologiche presenti nell'area di studio sono il membro di Sassoguidano della Formazione di Pantano (PAT1) e il membro di Anconella della Formazione di Antognola (ANT4), appartenenti alla successione epiligure (figure 1 e 2).

La descrizione delle formazioni affioranti, tratta dalla Banca Dati della Carta Geologica a scala 1:10.000 esemplificata, è di seguito riportata (dalla più antica alla più recente):

Figura 1 - Particolare della carta geologica di S. Cristoforo di Labante, come risulta dal rilevamento geologico di campagna a scala 1:5.000. Con la sigla "tr" sono indicati i travertini affioranti, intervallati da aree (in colori brillanti) dove essi subaffiorano a costituire i ripiani morfologici descritti nel testo. A2, a2b, a1b, a3, a4 indicano le coperture detritiche originate dalla normale dinamica di versante. In colori pastello sono rappresentate le unità geologiche del substrato, da nord a sud: in azzurro, PAT1; in azzurro chiaro ANT4; in rosa una facies arenaceo-marnosa litologicamente affine sia ad ANT4 che a CTG (vedi testo).



ANT - MARNE DI ANTOGNOLA

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere; fratturazione concoide o con tipiche superfici concentriche; frequenti i microfossili e talora i bioclasti. Stratificazione da molto sottile a media, talora difficilmente percepibile, sia per scarsa classazione granulometrica che per bioturbazione. Sono presenti rari livelli torbiditici di arenarie vulcanoclastiche, arcose e quarzoso feldspatiche, da sottili a medi, e strati sottili e sottilissimi, discontinui, di cineriti biancastre, tipicamente alterate in giallo o giallo ocra. Quando le arenarie prevalgono è differenziato il Membro di Anconella ANT4
Il limite inferiore si ha sulle unità eo-oligoceniche sup della Successione epiligure, *Rupeliano terminale – Burdigaliano?*

ANT4 - Membro di Anconella

Prevalenti torbiditi arenaceo-pelitiche; arenarie quarzoso-feldspatiche, generalmente poco cementate, gradate con grana da grossolana a fine, di colore grigio chiaro alterate in giallastro; marne argillose, argille siltose grigie, grigio verdi, grigio scuro o nerastre; A/P sempre > 1, fino a >>10. Gli strati variano da sottili a spessi, raramente banchi; talvolta amalgamati. La geometria del membro è complessa, con spessore che può raggiungere i 600 m.

CTG - FORMAZIONE DI CONTIGNACO

Marne e marne siltose grigio-chiare, a contenuto siliceo variabile e frattura scheggiosa, con patine manganesifere sulle superfici di frattura; raramente la silice si concentra in sottili livelli o lenti di colore grigio-scuro. Subordinatamente si intercalano torbiditi arenacee a grana fine in strati da sottili a medi.

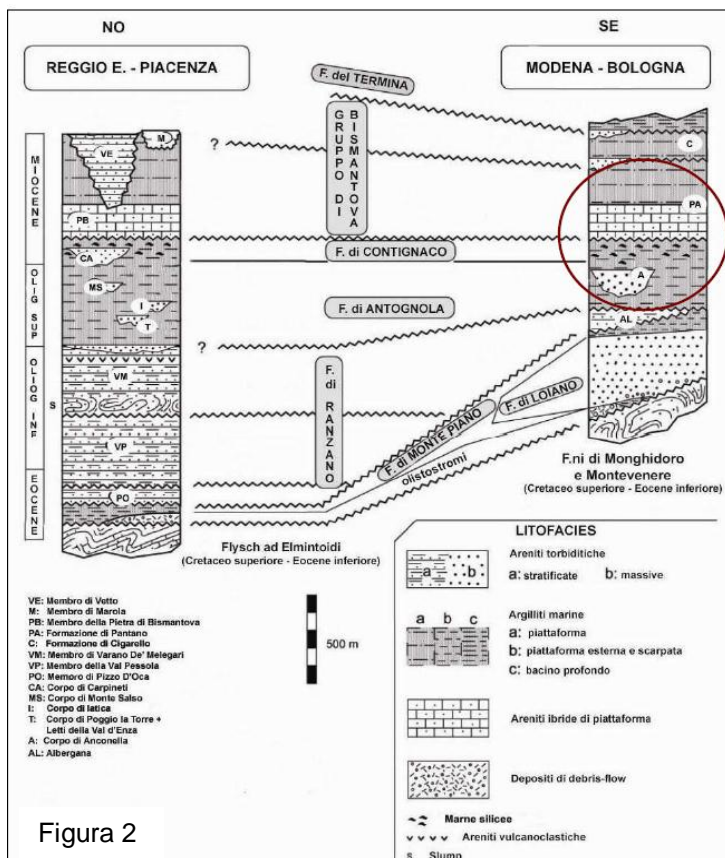
Aquitano-Burdigaliano

Nell'area di S.Cristoforo affiora un'unità litologicamente affine a CTG come ad ANT4. È interpretabile come il risultato di un graduale arricchimento in selce al tetto stratigrafico di ANT4; dal punto di vista idrogeologico funziona da ulteriore impermeabile relativo rispetto a PAT1.

PAT - FORMAZIONE DI PANTANO

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione, quando visibile di spessore medio; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. È differenziata in vari membri, tra cui quello di Sassoguidano-PAT1. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG; talora la base è elisa tettonicamente. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è fino a circa 500 m.

Burdigaliano sup.-Langhiano inf.



In figura 2 è riportato lo schema stratigrafico della successione epiligure per due zone dell'Appennino emiliano; in rosso è indicato lo spezzone di successione che affiora nell'area di Labante (da Cibir et al., 2001; modificata).

PAT1 - Membro di Sassoguidano

Areniti ibride prevalentemente finissime e fini, a luoghi bioturbate, talora ricche in glauconite, con stratificazione da media a molto spessa, tabulare ed obliqua a piccola scala, a luoghi poco evidente. Verso l'alto areniti più grossolane e strutture sedimentarie più evidenti. Contatto inferiore discontinuo su CTG. Ambiente di piattaforma interna e di battigia. Potenza variabile da pochissimi metri a 300 m circa.

I depositi di travertino presentano un elemento morfologico molto caratteristico: l'associazione pianoro-scarpata (con o senza

cavità). Dalla sorgente di S. Cristoforo alla confluenza a valle con il torrente Aneva sono presenti, in particolare, quattro depositi di travertino recanti una geometria molto caratteristica composta da un ripiano debolmente inclinato verso valle, pedogenizzato e solcato da un modesto rio (rio Riva) interrotto a valle da una scarpata, sede di una cascata alimentata dal rio medesimo.

Le osservazioni più dettagliate sui depositi si compiono scendendo dalla chiesa di S. Cristoforo (santo il cui culto è tradizionalmente legato alla presenza di guadi), costeggiando l'ingresso delle grotte, aggirando la spettacolare cascata e spostandosi lungo la scarpata a valle del cimitero.

Seguendo questo percorso si possono effettuare le seguenti osservazioni:

- a monte, inferiormente alla chiesa in una cava abbandonata (attrezzata per sagre parrocchiali), affiorano alternanze di strati spessi e banchi travertinosi, lenticolari, alternati a spessori di areniti poco cementate di aspetto varvato; i banchi sono inclinati verso SE di pochi gradi (foto 2). È interpretabile come prodotto dell'alternanza nel tempo (es. stagionale) tra i travertini depositatisi per precipitazione chimica da acque sotterranee che vengono a giorno e i "normali" depositi eluvio-colluviali legati al riempimento della vallecchia allo sbocco del rio Riva, per effetto della gravità e del ruscellamento. Se, per qualche ragione, la sedimentazione chimica viene a cessare, per variazioni delle condizioni che la determinano (anche legate al ciclo stagionale), i sedimenti "normali" subentrano nella deposizione. Questi depositi eluvio-colluviali costituiscono un substrato a minore permeabilità relativa, che diventa idoneo alla pedogenesi e all'impostazione di una circolazione di acque superficiali qualora la deposizione chimica del travertino sia disinnescata in modo permanente, ad esempio a causa del ridursi dei volumi di acque sotterranee che vengono localmente a giorno e/o per la migrazione nello spazio del sistema deposizionale;
- a valle, la facies ad alternanze di cui sopra passa gradualmente e rapidamente a depositi di travertini organizzati secondo superfici di discontinuità a geometria particolare, che ripete, per spessori pluridecimetri, quella generata dalla morfologia della cascata attuale;
- la cascata deposita chimicamente, sia al piede (tipo stalagmite) che in corrispondenza del "salto" morfologico, disegnando un profilo a forma grossomodo di mezzaluna. I depositi da cascata sedimentano per successiva progradazione e le stesse grotte sono geneticamente legate a questo modello, trattandosi di cavità cosiddette primarie, generate durante la sedimentazione dei travertini e/o la progradazione dei depositi da cascata. Dallo sviluppo areale di questa facies è possibile pensare che, in passato, la cascata fosse più copiosa rispetto all'attuale, ed estesa anche lateralmente.

Dalla cartografia geologica e dall'attività di campagna è evidente l'importanza delle faglie, generalmente approssimabili a superfici molto inclinate se non subverticali, che interessano anche il limite tra ANT4 e PAT1, giustapponendo le due unità. In particolare, il versante meridionale di Monte della Castellana, a monte dell'abitato di S. Cristoforo di Labante e della sorgente omonima, è caratterizzato dallo stato di pervasiva fratturazione delle areniti di PAT1, visibile negli affioramenti lungo la strada che conduce a Riola, con *joints* subverticali a spaziatura da decimetrica a pluridecimetrica. In questo settore, lo stato di fratturazione di cui sopra è riconducibile a faglie sub verticali con direzione N150, riconducibili a lineazioni fotointerpretate coincidenti con i locali rii. Va rimarcato che questi ultimi possono essere considerati come corsi d'acqua effimeri a tutti gli effetti, rimanendo asciutti per la maggior parte dell'anno e in condizioni climatiche non siccitose. Questo è indice di una permeabilità relativa localmente maggiore nell'ammasso roccioso, nel versante sud di Monte della Castellana. Compatibilmente con le condizioni di affioramento, la placca epiligure di Labante presenta una struttura principale verosimilmente riconducibile ad un modello deformativo caratterizzato da faglie distensive ad alto angolo, che localmente originano sistemi tipo "*horst und graben*" (o semigraben), come si vede negli affioramenti di ANT4 lungo la strada principale che da S. Maria di Labante porta verso Vergato.

In sintesi:

- ⤴ le caratteristiche idrogeologiche dell'area di Labante sono governate dalla presenza delle unità geologiche PAT1 e ANT4, classificabili come complessi idrogeologici permeabili, anche se con diverso grado;
- ⤴ tutta la placca di PAT1 di Monte della Castellana, sede della sorgente S. Cristoforo, è delimitata da faglie ad alto angolo, a cinematica distensiva (da cartografia) che hanno anche funzione di limiti di permeabilità, quando mettono a contatto PAT1 con altre formazioni;
- ⤴ la permeabilità di ciascuna unità è appunto dovuta allo sviluppo di sistemi di fratture, legati alla presenza di faglie ad alto angolo, distensive, che sistematicamente mettono a contatto le due unità; la fratturazione è maggiormente pervasiva in PAT1, data da areniti prevalenti, piuttosto che in ANT4, dove è condizionata dal rapporto arenaria/pelite degli strati e dallo spessore dei livelli arenacei.

Infine, le Grotte di Labante rientrano all'interno del patrimonio geologico e speleologico dell'Emilia-Romagna. Questo patrimonio è costituito da tutti i luoghi che conservano le più importanti testimonianze della storia geologica e geomorfologica dell'Emilia-Romagna. I Geositi intesi come beni naturali non rinnovabili, rappresentano un patrimonio geologico inestimabile che bisogna censire, tutelare e valorizzare che sta alla base della biodiversità e agli ambienti naturali più in generale.

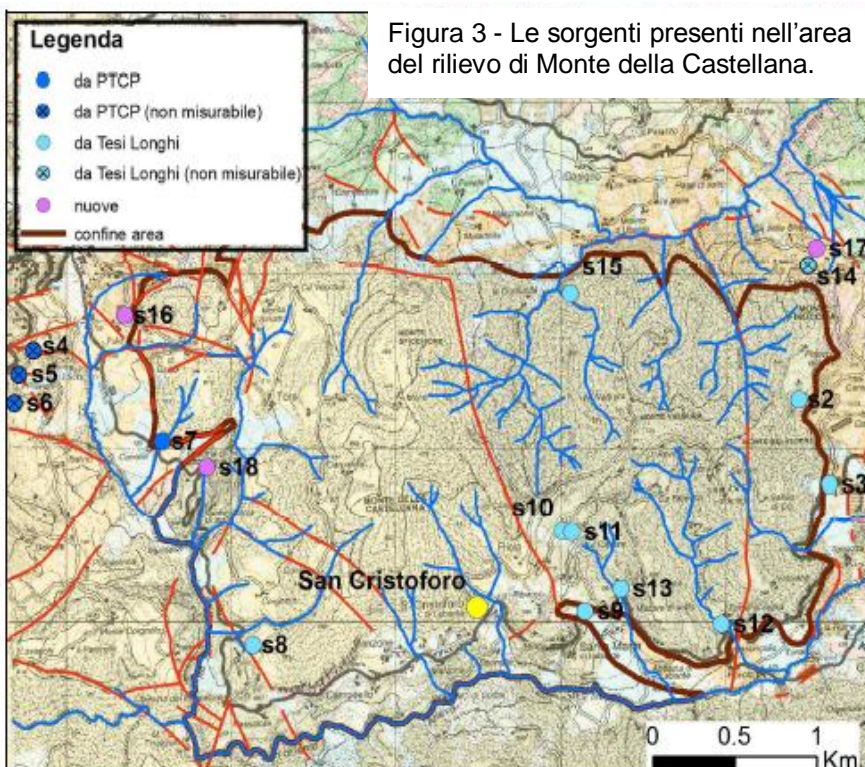


Figura 3 - Le sorgenti presenti nell'area del rilievo di Monte della Castellana.

Idrogeologia dell'area di studio e Sorgente S. Cristoforo

Il rilievo di Monte della Castellana è dato dalle areniti del Membro di Sassoguidano PAT1 (appartenente alla Formazione di Pantano): l'elevato grado di fratturazione e l'attitudine alla dissoluzione, dovuta alla presenza di calcite nella composizione delle areniti (a cominciare dai granuli), conferiscono all'ammasso roccioso una notevole permeabilità. L'altra unità affiorante, il Membro di Anconella ANT4, arenaceo-pelitico, può localmente presentare

un comportamento acquifero, ma rappresenta un indubbio impermeabile "relativo", se confrontato con PAT1. La distribuzione delle sorgenti rilevate nell'area di studio è illustrata in figura 3.

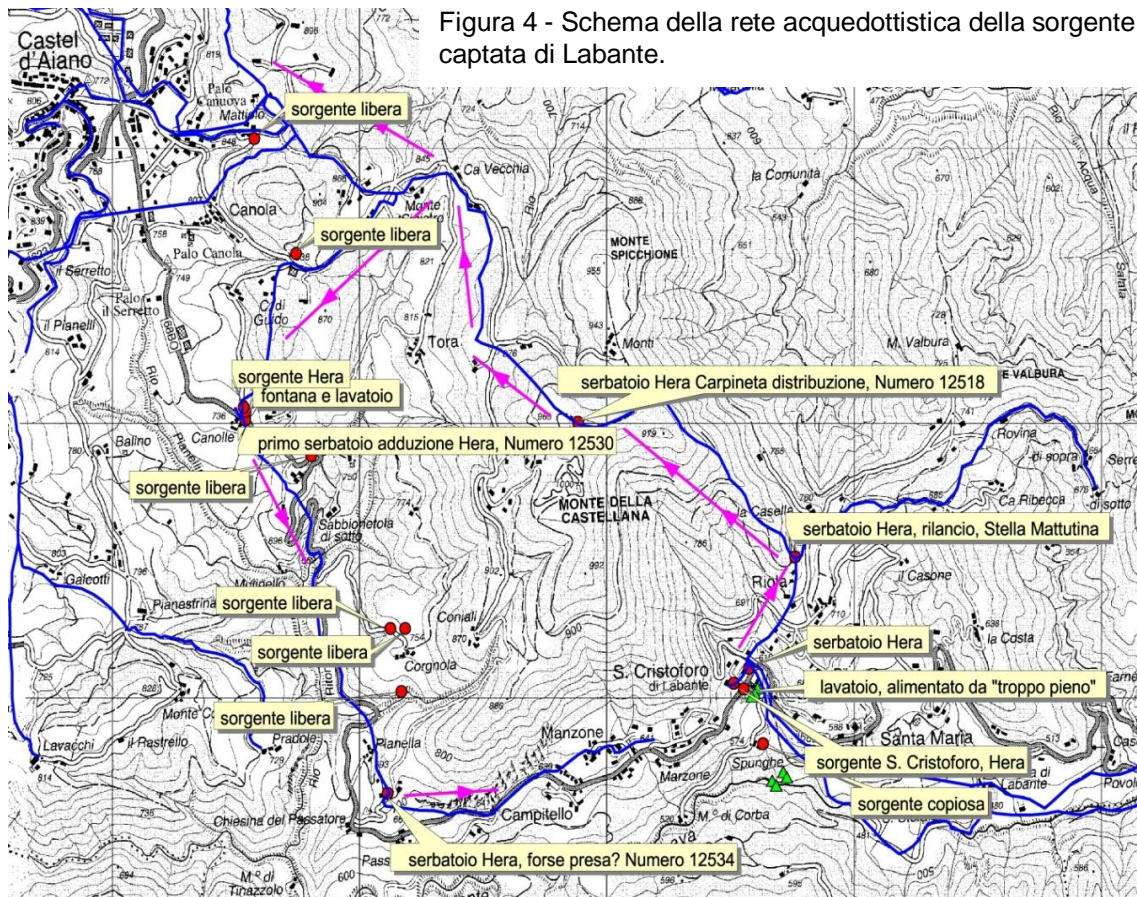
Le emergenze ad oggi conosciute sono il risultato di censimenti effettuati anche nell'ambito dei seguenti studi:

- ✦ redazione del Quadro Conoscitivo del Piano provinciale di Tutela delle Acque della Provincia di Bologna;
- ✦ tesi di laurea assegnata dal prof. Paolo Forti sui locali depositi travertinosi (Longhi, 2003).

La classificazione delle sorgenti dell'area, in base al sistema di flusso corrispondente, ha evidenziato:

- ✦ il carattere locale delle celle di circolazione alimentanti le emergenze, le quali si sviluppano principalmente entro accumuli superficiali di varia natura o, al limite, alla scala del versante presentando quindi portate di scarico di base estive molto esigue (con un valore medio di 0,1 l/s);
- ✦ l'eccezione rappresentata dalla sorgente di San Cristoforo, alimentata da un sistema di flusso regionale a bassa quota con una rilevante portata media estiva ad essa associata (11,2 l/s).

La sorgente collocata in corrispondenza dell'abitato di San Cristoforo di Labante è collegata alla genesi dei depositi travertinosi oggetto dell'escursione; è interpretabile come legata alla soglia di permeabilità rappresentata dal limite PAT1/ANT4.



La sorgente di San Cristoforo possiede inoltre una notevole importanza come risorsa idropotabile: la sua captazione risale agli ultimi decenni dell'800 e, dal 1986, essa concorre ad alimentare la rete acquedottistica dei Comuni di Castel d'Aiano e Vergato, sotto la gestione del Gruppo Hera S.p.A. (figura 4); la risorsa è distribuita alle aree limitrofe sia per gravità (verso il Comune di Vergato) sia per sollevamento (in direzione di Castel d'Aiano). La portata minima captata (4,6 litri al secondo) è di assoluto rispetto per il

contesto appenninico. La portata massima complessiva della sorgente, incluso il non captato, raggiunge valori massimi di circa 26 litri al secondo in condizioni di morbida.

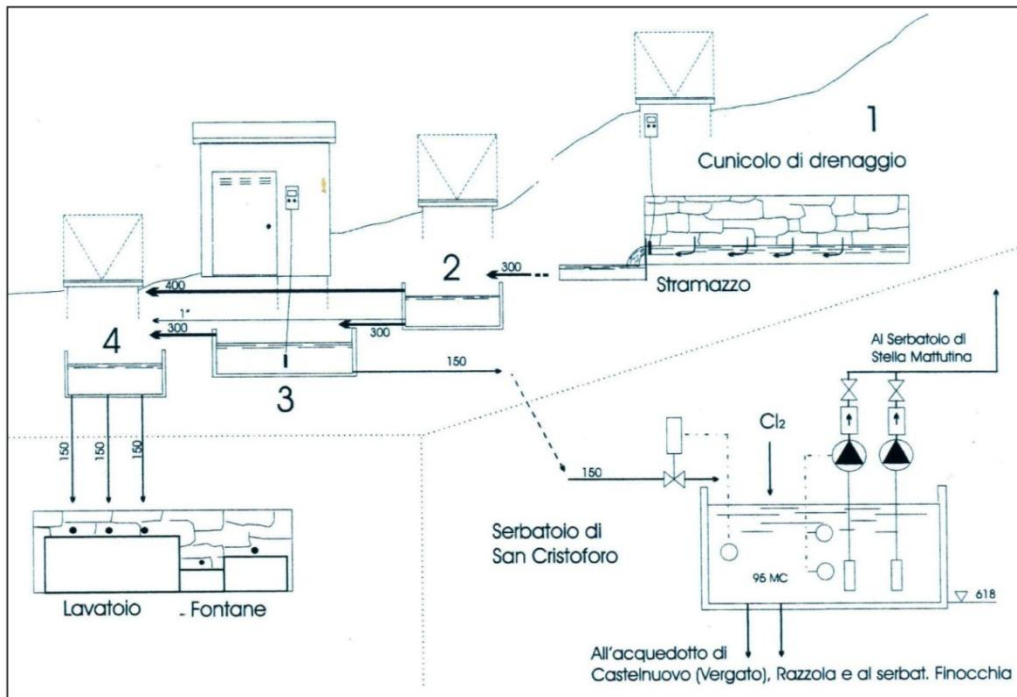


Figura 5 - Schema semplificato dell'impianto di captazione della sorgente di San Cristoforo (disegno non in scala, in Longhi 2003).

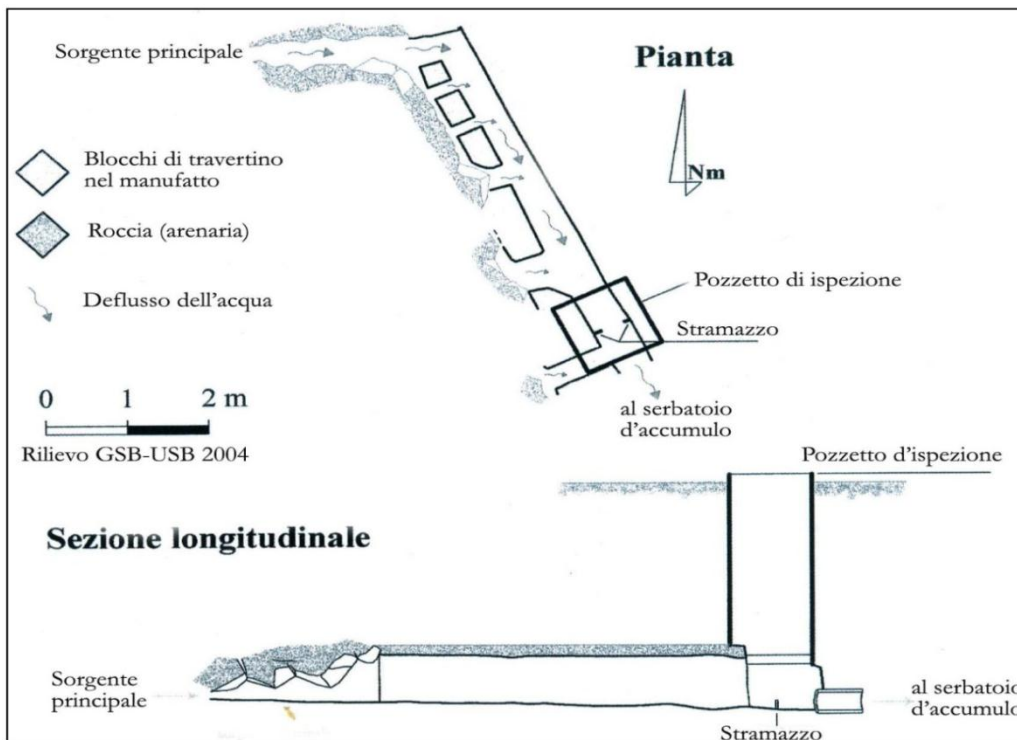


Figura 6 - Rilievo del cunicolo della sorgente di San Cristoforo di Labante, eseguito nell'anno 2004 dagli speleologi del GSB-USB (Minarini 2006, modificata, in Longhi 2003).

In figura 4 (alla scala di circa 1:50.000) sono rappresentate le sorgenti e i serbatoi (punti rossi), la locale rete acquedottistica (tratti blu), le direzioni di flusso nella distribuzione (freccie fucsia). I punti rossi comprendono:

- la sorgente principale di S. Cristoforo a quota 622 m, inferiormente alla quale è mantenuto un antico lavatoio alimentato dal “troppo pieno” di uno dei serbatoi. Attraverso un serbatoio principale l’acqua viene distribuita a gravità verso la rete del comune di Vergato, mentre una parte è sollevata al serbatoio detto “Stella Mattutina” e da qui rilanciata a quota ancor maggiore al serbatoio “Carpineta”. Il dislivello superato è di 400 metri circa;

- da Carpineta l’acqua viene distribuita a gravità all’abitato di Castel d’Aiano e, in misura minore, alle località che sorgono lungo la strada per il capoluogo;

- nell’ultimo tratto della rete, i volumi in rete vengono integrati dal prelievo dalla sorgente Hera “Canolle”, al serbatoio numero 12530. Da qui la rete viaggia in quota senza apprezzabili dislivelli (tra 750 e 720 m s.l.m.), fino all’ultimo serbatoio di distribuzione numero 12534 in località Pianella.

Lo schema di cui sopra dimostra una volta di più l’importanza della sorgente S. Cristoforo. La cascata di Labante è oggi alimentata dalle acque di troppo pieno a seguito della captazione della sorgente.

Esiste un evidente conflitto fra la captazione acquedottistica ed il mantenimento di un deflusso minimo sorgivo tale da sostenere il tasso di accrescimento naturale dei travertini associati all’emergenza. L’accrescimento del deposito travertinoso ha subito un calo fin dal 1993, ma dal 2001 sono stati adottati accorgimenti tecnici, da parte di Hera, al fine di mantenere la portata di troppo pieno non captato della sorgente al di sopra di un minimo di 1,9 l/s.

Per il periodo 2001-2007 si dispone di dati di monitoraggio su portata, conducibilità e temperatura; il monitoraggio è stato in minor parte continuo (da una tesi di laurea frutto della collaborazione tra il Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Bologna ed Hera S.p.a., Longhi, 2003) e in massima parte discontinuo, con risultati forniti da Hera (elaborati dagli autori).

In relazione alla continuità delle misure acquisite si possono individuare 5 principali intervalli temporali , per i quali si ricavano i valori di portata riassunti nella tabella 1.

Periodo	Q max [l/s]	Q min [l/s]	Q media [l/s]
I.1 (2001-2002)	27.2	3.5	10.8
I.2 (2003)	18.6	8.4	12.8
I.3 (2004)	28.4	11.9	18.1
I.4 (2005)	21.5	8.4	12.9
I.5 (2006-2007)	18.5	4.7	10.2

Tabella 1 - Riassunto dei dati sulle portate ricavati nei cinque intervalli temporali ricavabili dai passati monitoraggi.

A partire dal 23 Febbraio 2011 fino al 30 Giugno 2011 la sorgente, è stata oggetto di un nuovo monitoraggio in continuo, utilizzando un trasduttore di pressione di tipo piezoresistivo con *datalogger* integrato (modello DL-N 64 di produzione STS, già utilizzato durante il monitoraggio in continuo delle annate idrologiche 2001-2007) al fine di acquisire misure del livello idrometrico e di temperatura dell’acqua a scala semioraria. Il trasduttore è stato posizionato al fondo di un pozzetto verticale che mette in comunicazione il cunicolo di presa con la superficie topografica.

In figura 7 è mostrato il monitoraggio in continuo della portata relativa alla Sorgente di San Cristoforo di Labante, operato nel periodo tra il 23 Febbraio ed il 30 Giugno 2011. La relazione tra livello e portata è stata sperimentalmente determinata tramite l’utilizzo di un correntometro elettromagnetico

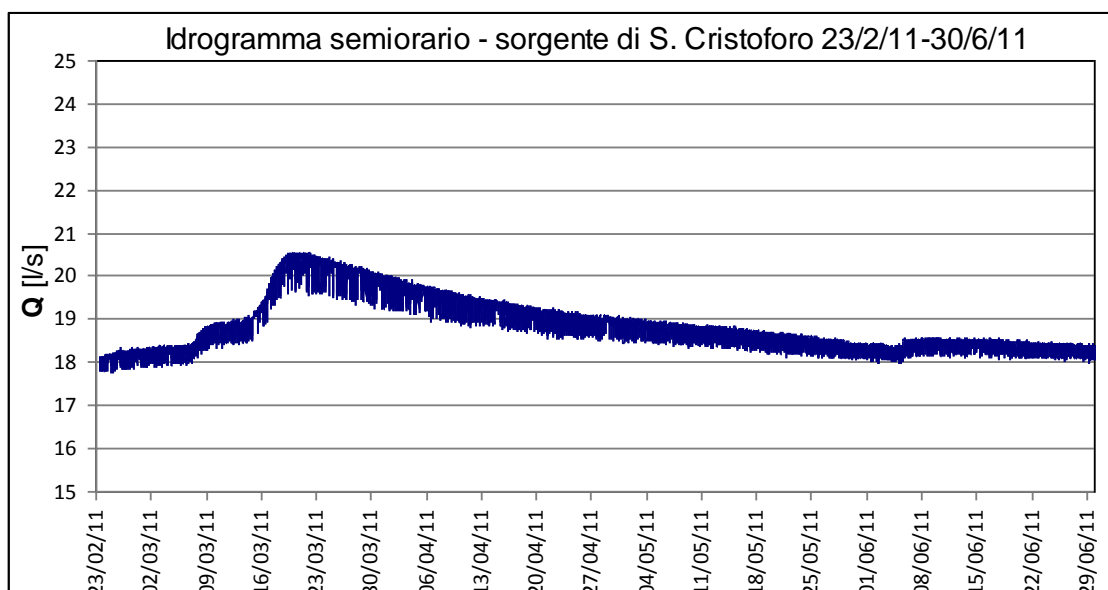


Figura 7 - Spiegazione nel testo.

L'andamento delle portate ottenuto a partire dai dati di livello idrometrico risulta mediamente regolare ed anche coerente rispetto agli idrogrammi sorgivi forniti da Gruppo Hera relativamente agli anni idrologici 2001-2007. L'idrogramma ottenuto mostra un primo tratto di ascesa, nel periodo compreso tra il 23 Febbraio ed il 21 Marzo, che corrisponde al tratto terminale della curva di concentrazione dell'anno idrologico 2010/2011. La successiva diminuzione del deflusso sorgivo, registrata tra il 21 Marzo e la fine del periodo di monitoraggio rappresenta invece il tratto iniziale della curva di svuotamento relativa alla medesima annata idrologica.

In figura 8 è mostrato il regime di variabilità della conducibilità elettrica specifica e del pH

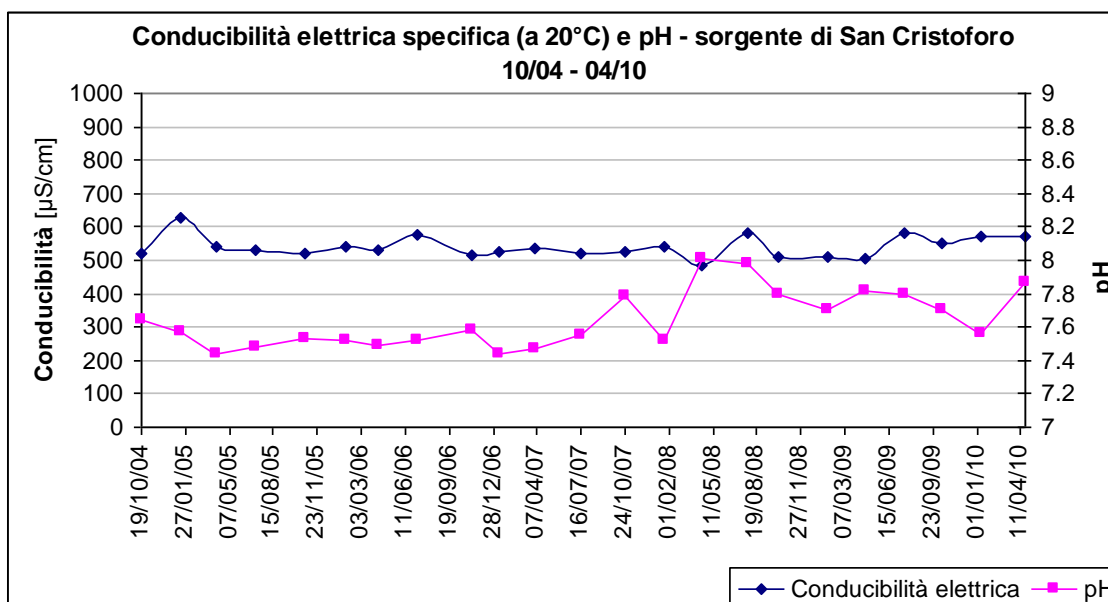


Figura 8 - Confronto tra i valori di conducibilità elettrica e pH, acquisiti a cadenza trimestrale e relativi all'emergenza di San Cristoforo..

I dati relativi alla captazione della sorgente di San Cristoforo di Labante per gli anni 2001-2010 sono stati forniti da Gruppo Hera S.p.A. e consistono in valori del volume mensile d'acqua prelevato dalla sorgente per uso acquedotti stico (tabella 2).

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	TOT
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
2001	4742	4309	5226	15963	6084	9271	10257	19908	17901	15839	10243	9338	129081
2002	15576	13962	12409	11862	8610	16058	16917	15926	15801	16143	16179	14142	173585
2003	16676	13320	12634	12249	12546	11718	13551	13980	7834	7860	5928	5424	133720
2004	5646	6518	6127	6369	5365	4164	11994	15128	13991	12305	11973	11590	111170
2005	12254	12191	14329	7391	12076	12585	17667	17940	14685	13240	2140	9491	145989
2006	16909	16911	17543	12159	12701	14274	17889	15933	12923	13818	13751	14811	179622
2007	13474	8900	9140	10519	10570	11731	15470	10999	6512	9824	9314	7873	124326
2008	8518	8852	8231	9225	12505	17151	29727	25699	17580	14223	14390	14664	180765
2009	13584	10522	5372	5549	7415	7937	13543	8184	7511	4351	8133	7521	99622
2010	8612	4903	5183	6994	6059	10507	9482	8621	6768	5547			

Tabella 2 - Spiegazione nel testo

Si ricava che il valore corrispondente al volume medio annuo captato dalla sorgente è **141987 m³**. I volumi totali mensili sono stati tradotti in valori di portata media mensile captata; il valore di portata media annua di captazione è pari a **4,32 l/s** (tabella 3).

I dati relativi alla captazione della sorgente sono poi stati posti a confronto con le relative precipitazioni.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	ANNO
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
2001	1.77	1.78	1.95	6.16	2.27	3.58	3.83	7.43	6.91	5.91	3.95	3.49	4.09
2002	5.82	5.77	4.63	4.58	3.21	6.20	6.32	5.95	6.10	6.03	6.24	5.28	5.51
2003	6.23	5.51	4.72	4.73	4.68	4.52	5.06	5.22	3.02	2.93	2.29	2.03	4.24
2004	2.11	2.60	2.29	2.46	2.00	1.61	4.48	5.65	5.40	4.59	4.62	4.33	3.51
2005	4.58	5.04	5.35	2.85	4.51	4.86	6.60	6.70	5.67	4.94	0.83	3.54	4.62
2006	6.31	6.99	6.55	4.69	4.74	5.51	6.68	5.95	4.99	5.16	5.31	5.53	5.70
2007	5.03	3.68	3.41	4.06	3.95	4.53	5.78	4.11	2.51	3.67	3.59	2.94	3.94
2008	3.18	3.53	3.07	3.56	4.67	6.62	11.10	9.59	6.78	5.31	5.55	5.47	5.70
2009	5.07	4.35	2.01	2.14	2.77	3.06	5.06	3.06	2.90	1.62	3.14	2.81	3.16
2010	3.22	2.03	1.94	2.70	2.26	4.05	3.54	3.22	2.61	2.07			2.78

Tabella 3 - Spiegazione nel testo.

Si ricava l'esistenza di una relazione diretta tra piogge e quantità d'acqua captata dalla sorgente: nei mesi più siccitosi il prelievo d'acqua è maggiore e viceversa ad un aumento delle precipitazioni mensili. La portata media di captazione corrispondente al periodo tra Luglio ed Ottobre, generalmente contraddistinto da una più marcata siccità, risulta pari a 5,11 l/s, mentre il flusso medio captato durante i restanti mesi dell'anno corrisponde a 3,96 l/s.

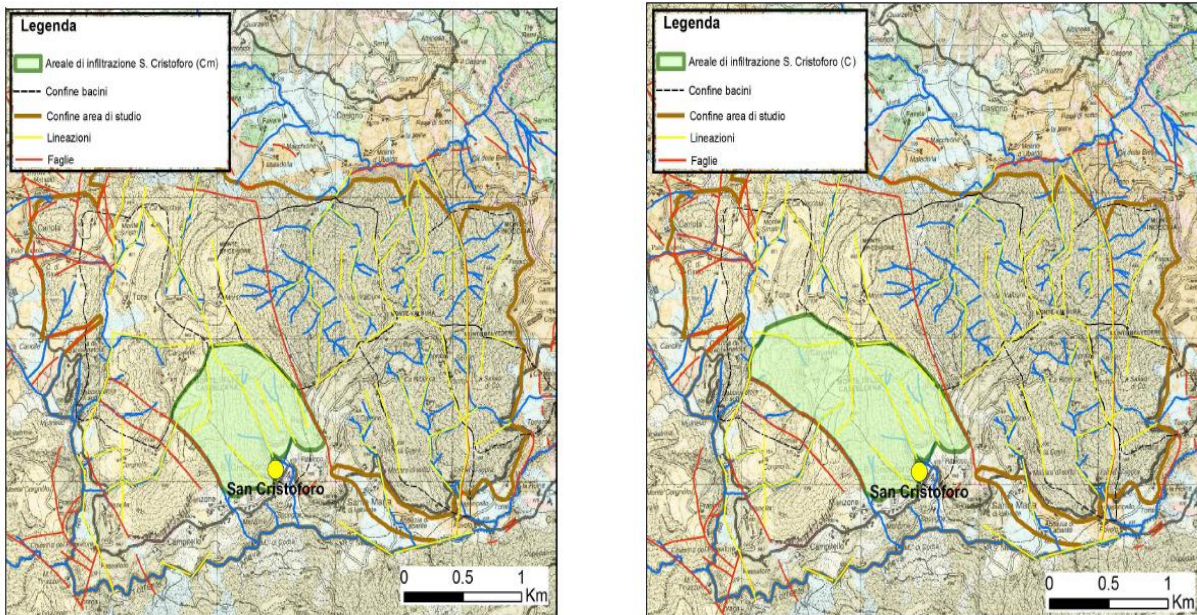


Figura 9 - Due ipotesi, in via preliminare, sull'estensione dell'area di alimentazione della sorgente S. Cristoforo.

La stima del Coefficiente di infiltrazione C , effettuata a partire dai dati di monitoraggio in discontinuo delle portate dei rii che incidono il rilievo di Monte della Castellana - Monte Valbura, ha fornito valori mediamente elevati rispetto a quanto atteso per entrambi i contesti analizzati (settori occidentale ed orientale):

- ✦ la *litofacies* arenaceo-pelitica del Membro di Anconella presenta valori compresi tra il 16% ed il 22%;
- ✦ le arenite calcaree del Membro di Sassoguidano coprono un *range* che si estende dal 35% al 52%.

Gli elevati valori del coefficiente di infiltrazione assegnati alle arenite di Sassoguidano, combinati alla scarsità di risorse idriche alternative alla sorgente San Cristoforo entro l'areale di affioramento dell'unità stessa, sono in grado di fornire un significato all'elevata portata di scarico associata all'emergenza oggetto di studio, la quale rappresenterebbe il punto di scarico di un ampio areale di infiltrazione. La stima della superficie di infiltrazione delle acque che concorrono all'alimentazione della sorgente di San Cristoforo ha fornito risultati compresi tra $0,77 \text{ km}^2$ e $1,30 \text{ km}^2$.

Impatto della captazione sulla cascata di Labante

È già stato osservato che l'aliquota d'acqua captata da parte di Gruppo Hera S.p.A. dalla sorgente di San Cristoforo varia in funzione dell'andamento delle precipitazioni: la captazione è più cospicua nei periodi maggiormente siccitosi e decresce nei mesi più piovosi.

La variazione dell'aliquota captata produce un impatto altrettanto variabile sull'alimentazione della cascata di Labante, che, essendo garantita dal flusso "di avanzo" della sorgente a seguito della captazione stessa, mostra un andamento speculare rispetto al prelievo d'acqua da parte di Hera.

Per quanto riguarda l'impatto sull'area carsica associata alla sorgente, a seguito della captazione dell'emergenza stessa effettuata dal Gruppo Hera S.p.A., pur essendo il

depauperamento dell'aliquota destinata al deposito travertinoso più marcato nei periodi di minor precipitazione (a scala sia annuale che mensile), la soglia di deflusso minimo da garantire per l'alimentazione della cascata di Labante (1,9 l/s), fissata dal Gruppo stesso nell'anno 2001, viene sostanzialmente rispettata; soltanto attraverso studi di carattere più specifico, riguardanti il tasso di accrescimento del deposito travertinoso associato alla cascata, sarà possibile definire l'efficacia di tale misura sulla salvaguardia del SIC delle "Grotte e sorgenti pietrificanti di Labante".



Foto 2 - Ingresso alla "Grotta di Labante", originata dalla cascata che viene alimentata dall'omonima sorgente.



Foto 3 – Scorcio dello sperone roccioso.



Foto 4 - Dettaglio del deposito travertinoso.

La sorgente di Labante nell'ambito del progetto EBERs

A cura di: M. Cantonati, N. Angeli, D. Spitale, E. Rott, F. Stoch, J. Nascimbene

Grande sorgente pietrificante con vegetazione appartenete all'alleanza *Cratoneurion commutati*, con tutte le specie tipiche, dalla felce *Adiantum capillus-veneris*, ai muschi *Palustriella commutata*, *Eucladium verticillatum*, *Hymenostylium recurvirostre*, ma anche alle epatiche *Pellia endiviifolia* e *Jungermannia atrovirens*. Il ruolo strutturante di tutta la

comunità è comunque svolto da *Palustriella commutata*, che rimuovendo anidride carbonica dall'acqua per l'attività fotosintetica, causa innalzamento del pH e deposizione di carbonato di calcio. La precipitazione di carbonati è favorita anche da una rara alga desmidiacea, caratteristica di alcuni tipi di pietrificanti: *Oocardium stratum*. Questa rara desmidiacea, le cui cellule a forma di cuore, si collocano sopra cristalli di calcite, è accompagnata da cianobatteri tipici di associazioni igropetriche (velo d'acqua sul substrato) su e nella (specie endolitiche) roccia carbonatica, quali *Leptolyngbya* sp., *Gloeocapsa* sp., *Gloeotheca* spp., *Chondrocystis* sp. In generale, in questa sorgente, le alghe bentoniche sono ben rappresentate. L'acqua non poverissima di nitrati (circa 2 mg/L), nelle zone dove la cascatella frontale batte sul substrato, favorisce lo sviluppo di specie di macroalghe che ricordano quelle di un litorale roccioso interessato da un vivace moto ondoso di un lago su substrato carbonatico: l'alga verde filamentosa *Cladophora* sp., l'alga rossa filamentosa *Bangia atropurpurea* (foto 6). Nel piccolo stagno sul fianco della formazione travertinoso, sopra piante di *Callitriche*, prolifera l'alga verde filamentosa *Spirogyra*.

Foto 5 - *Cladophora* e *Bangia atropurpurea*.



Conclusioni

Il sistema acquifero collocato entro l'idrostruttura del massiccio della Castellana si manifesta in un deflusso di base generalmente povero e concentrato principalmente in corrispondenza della sorgente di San Cristoforo di Labante.

Anche i rii della zona concorrono ad impoverire il bilancio del deflusso di base scaricato entro l'idrostruttura di interesse: le aste torrentizie più occidentali, in condizioni di flusso non perturbato, presentano portate minime o assenti mentre quelle orientali sono attraversate da un deflusso significativo, pur presentando portate di base estive (in media di 1,7 l/s) decisamente modeste.

I valori del coefficiente di infiltrazione assegnati alle unità geologiche esaminate sono in accordo con la vocazione acquifera relativa ipotizzata per le stesse: l'acquifero principale del massiccio si conferma essere rappresentato dal Membro di Sassoguidano, pur restando rappresentata la modesta permeabilità delle Arenarie di Anconella, che mantengono però una posizione acquifera subordinata nel contesto geologico in esame.

Gli elevati valori del coefficiente di infiltrazione assegnati alle areniti di Sassoguidano, combinati alla scarsità di risorse idriche alternative alla sorgente San Cristoforo entro l'areale di affioramento dell'unità stessa, sono in grado di fornire un significato all'elevata portata di scarico associata all'emergenza oggetto di studio, la quale rappresenterebbe il punto di scarico di un ampio areale di infiltrazione.

Lo studio idrogeologico preliminare portato avanti in relazione all'idrostruttura del massiccio della Castellana ha confermato la già ipotizzata assenza di risorse alternative alla sorgente di San Cristoforo. Tale emergenza rappresenta infatti, in prima analisi, il luogo preferenziale di convergenza dei flussi di scarico dell'area di interesse; ciò trova conferma non soltanto nell'esiguità delle altre emergenze sorgentizie dell'area ma anche nella scarsità di deflusso superficiale entro i principali rii limitrofi alla sorgente stessa.

La necessità di reperire una risorsa idrica in grado di sostenere la richiesta acquedottistica e permettere, in contemporanea, la salvaguardia del sito di importanza comunitaria, dovrà dunque prevedere piani di sfruttamento alternativi alla semplice captazione del deflusso sorgivo e torrentizio. Per ipotizzare uno schema di sfruttamento idoneo per l'areale studiato sarà necessario, in primo luogo, definire con un certo grado di dettaglio il modello di circolazione del flusso sotterraneo; il presente lavoro si è riservato di porre le basi per tale tipo di definizione.

La fase successiva sarà la modellazione di flusso del sistema di circolazione idrica che alimenta la sorgente e che avrà per obiettivo la verifica della localizzazione del bacino di alimentazione e la definizione delle aree di tutela.

Stop 2 - Le Terme di Porretta, un luogo sede di acque naturalmente calde, note sin dall'antichità.

Terme di Porretta: la storia.

Ubicata nell'Appennino Tosco-Emiliano, a circa 400 metri sul livello del mare, Porretta è raggiungibile da Bologna risalendo la valle del Reno. La storia della stazione termale di Porretta è ultramillenaria, vastissima e molto articolata.

Per quanto riguarda l'epoca antica la maggior parte delle informazioni si desume indirettamente da scritti e resoconti di studiosi che, nei secoli precedenti, se ne sono occupati tramandandoci notizie sull'esistenza e l'antichità d'uso delle acque curative in questa zona.

La testimonianza diretta più antica delle sorgenti termali risale almeno all'età romana: si tratta del famoso mascherone raffigurante il volto di un leone, oggi simbolo delle Terme di Porretta. Questa effigie di marmo, recuperata nel 1888 lungo il greto del Rio Maggiore, viene fatta risalire al primo secolo della nostra era.

I secoli dell'Alto Medioevo non ci hanno tramandato alcun documento storico, né archeologico, né scritto, che ci informi sulle terme porrettane.

Solo a partire dal XII secolo, Porretta e le sue terme cominciano ad essere citate in numerosi documenti, e, dalla seconda metà del Trecento, si intensifica in maniera sempre maggiore l'interesse per i bagni. Allo stesso periodo risale la costruzione dei primi alberghi comunitari e comincia a prendere forma l'attuale centro abitato con il nome di Bagni della Porretta. I secoli XV e XVI videro accrescere l'interesse di Principi e Signori italiani del Rinascimento per le terme di Porretta.

L'era moderna

Il periodo che va dal XVI al XVIII secolo per le terme di Porretta coincide con il governo della contea dei Ranuzzi, durante il quale assistiamo ad un ulteriore sviluppo delle terme con la conseguente commercializzazione delle acque e dei sali da esse ricavati.

La Signoria dei Ranuzzi terminò con la Rivoluzione Francese, quando Porretta divenne parte dell'Impero Napoleonico, per passare poi sotto lo Stato Pontificio nel 1814 e nel Regno d'Italia nel 1859.

La prima grande via di comunicazione della Vallata del Reno è stata la Ferrovia Transappenninica. Prima della sua realizzazione, infatti, lo sviluppo del territorio, ed in particolare di Porretta, è stato condizionato dalla mancanza di collegamenti adeguati e sicuri con le principali città dell'Emilia e della Toscana. La Statale 64 Porrettana fu terminata solo nel 1847 dopo trent'anni di lavori.

Dopo una serie di controversie nel 1851 il Governo Austriaco, i Ducati di Parma e Modena, il Granducato di Toscana e lo Stato Pontificio sottoscrivevano una convenzione per la costruzione della Ferrovia, denominata "Strada ferrata dell'Italia Centrale", che collegava Piacenza a Pistoia; il tratto Bologna - Bagni della Porretta - Pistoia venne iniziato nel 1856. Fino a quel momento non era mai stata realizzata in Italia un'opera di tale portata: basti pensare che, nel tratto in questione, la linea è caratterizzata dalla presenza di ben 47 gallerie su un percorso di 133 chilometri. I lavori vennero affrontati con grande velocità e nel 1863 la nuova linea ferroviaria veniva inaugurata a Bagni della Porretta da Vittorio Emanuele II e l'anno successivo veniva aperta al traffico regolare.

La stazione di Porretta divenne così uno scalo di primo piano a livello nazionale, passaggio obbligato nel collegamento tra l'Italia Centrale e Settentrionale.

Con il XIX secolo le stazioni termali subirono una rivoluzione architettonica, con ricostruzioni maestose, spesso però senza rispettare le vestigia del passato. Si distrussero così importanti reperti, come successe anche a Porretta con la costruzione del nuovo

stabilimento Leone-Bove, sorto sull'antico impianto termale. Per i Bagni della Porretta questo secolo rappresentò l'apice, con un afflusso di bagnanti mai realizzatosi nel passato.

Il novecento

Dopo l'Unità d'Italia l'afflusso dei curandi subì un netto e progressivo incremento diventando un fenomeno di massa. La fama delle proprietà terapeutiche delle acque termali porrettane si diffuse nella penisola e all'estero.

Fonte delle informazioni:

<http://www.termediporretta.it/italiano/Terre-storia.htm>

Classificazione delle acque delle terme di Porretta

Basato su contributi di: N. Ciancabilla, A. Bonoli

Le acque delle terme si possono classificare, in base alla loro composizione chimica, in salsobromiodiche (sorgenti Marte, Bove, Donzelle e Leone), sgorganti dall'alveo del torrente Rio Maggiore, e in sulfuree (sorgenti Puzzola, Porretta Nuova e Galleria della Madonna), sgorganti alla sinistra del fiume Reno. In particolare, le acque termali di Porretta sono acque fossili di acquiferi profondi in depositi marino sedimentari associate a giacimenti di idrocarburi e dotate di intrinseca mineralizzazione a cloruri, la cui risalita è favorita, oltre che dalla leggerezza indottagli dagli idrocarburi gassosi e dalle temperature elevate connesse alla loro profondità, anche da locali sistemi di faglie in presenza o meno di corpi geologici arenitici (Arenarie di Suviana, Burdigaliano-Langhiano), permeabili per fratturazione (figure 10 e 11).

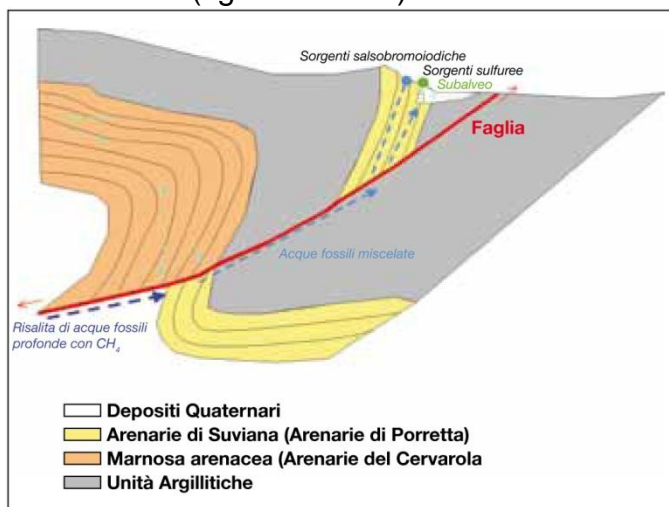


Figura 10 - Sezione geologica schematica del circuito idrotermale porrettano negli ultimi 1000 metri di risalita (da Ciancabilla N. & Bonoli A., 2010).

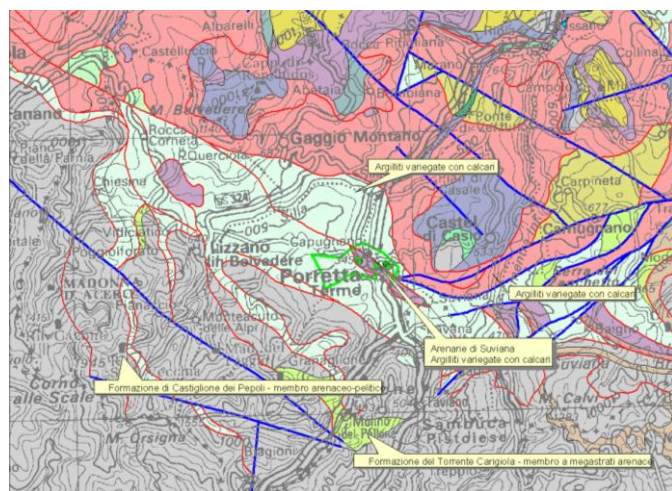


Figura 11 - La concessione di Porretta (perimetro in verde), in viola l'unità delle Arenarie di Suviana (Burdigaliano-Langhiano), utilizzata per la risalita delle acque profonde mineralizzate. In azzurro chiaro la formazione delle Argilliti variegata con calcari (Cretaceo inferiore-Eocene) appartenenti all'Unità Sestola-Vidiciatico Auct., tettonicamente giustapposta alle formazioni torbiditiche (Miocene inferiore-medio, in grigio) delle Unità Toscane.

Le temperature delle acque termali di Porretta sono comprese tra 20°C e 30°C (antiche sorgenti Leone, Bagni, Porretta vecchia, Puzzola). La geochimica dimostra che il riscaldamento delle acque termali deriva dal gradiente geotermico naturale della terra e nulla ha a che vedere con processi vulcanici o del mantello terrestre (figura 12).

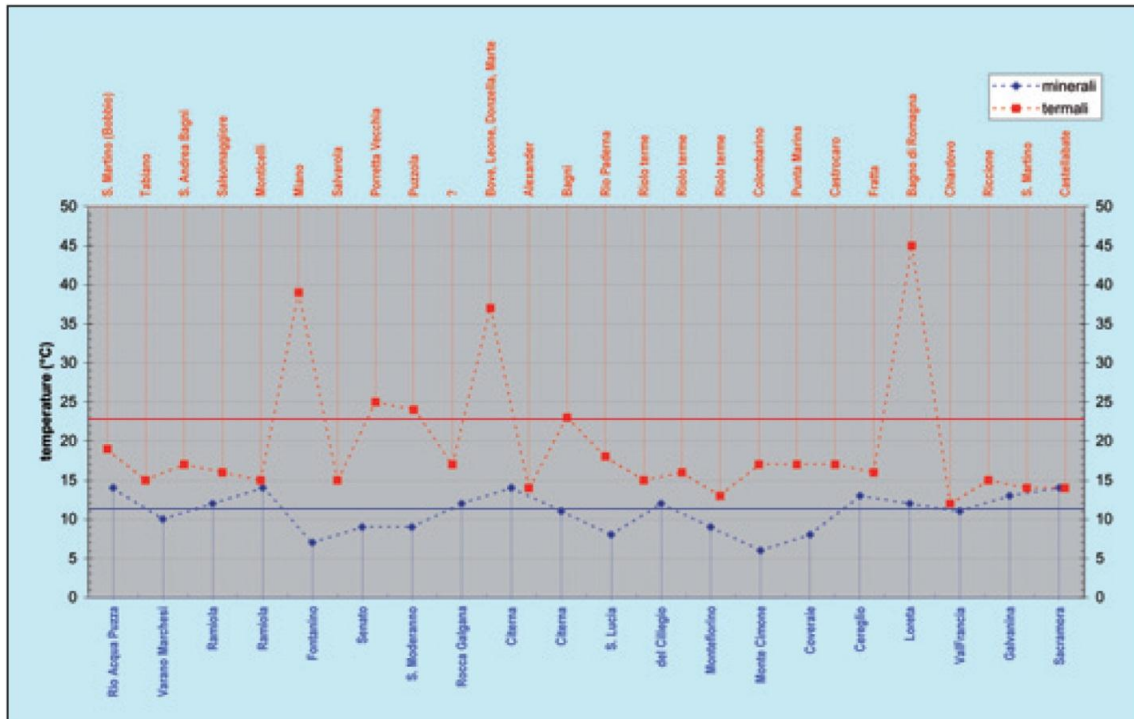


Figura 12 - Grafico che rappresenta le temperature documentate nelle pratiche delle concessioni di acque minerali (blu) e termali (rosse), in funzione dei punti di prelievo o delle denominazioni delle concessioni.

Alla scoperta delle biodiversità delle sorgenti dell'Emilia-Romagna: Il progetto EBERs

Basato su contributi di: S. Segadelli, N. Angeli, D. Spitale, M. Cantonati

EBERs: Exploring the Biodiversity of Emilia-Romagna springs è l'acronimo di un progetto triennale (2011-2013) di ricerca promosso dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, la cui finalità è lo studio esplorativo della componente biologica di sorgenti selezionate dell'Emilia-Romagna, nell'ambito di un approccio multidisciplinare per la loro caratterizzazione e valorizzazione.



Foto 6 - L'equipe che si è occupata dei campionamenti del progetto *EBERs* nell'estate del 2011 (da sinistra a destra: Marco Cantonati - Museo delle Scienze di Trento; Stefano Segadelli - Servizio Geologico Regione Emilia-Romagna; Daniel Spitale e Nicola Angeli - Sezione di Limnologia e Algologia - Museo delle Scienze di Trento).

Il progetto si avvale della collaborazione degli esperti della Sezione di Limnologia e Algologia del Museo delle Scienze di Trento, i quali hanno maturato un'esperienza ormai ventennale nello studio degli ambienti sorgivi. È infatti dall'inizio degli anni novanta che il Responsabile della Sezione di Limnologia e Algologia, Marco Cantonati, incominciò a studiare la componente biologica delle sorgenti ai fini di caratterizzare questi ambienti e promuovere la loro conservazione o un loro eventuale utilizzo (captazione) con modalità innovative tendenti al rispetto delle componenti dell'habitat. Questo aspetto, che riguarda la componente biologica delle acque sorgive o comunque degli habitat ad esse collegati, non è oltretutto esplicitamente menzionato nella Direttiva 2000/60/CE, quadro di riferimento normativo per l'azione comunitaria in materia di acque.

Frutto principale di anni di ricerca della Sezione di Limnologia e Algologia nel campo dello studio delle sorgenti è stato il Progetto *CRENODAT (2004-2008 - Biodiversità e valutazione dell'integrità delle sorgenti del Trentino e ricerche ecologiche a lungo termine)* che ha indagato più di un centinaio di sorgenti a diversa quota e su diversa litologia nell'ambito del territorio della Provincia Autonoma di Trento, permettendo di caratterizzare le sorgenti non solo dal punto di vista morfologico e chimico, ma anche biologico.

Le sorgenti sono infatti degli ambienti molto particolari, anche per via della stabilità delle condizioni chimico-fisiche che spesso le caratterizza. L'acqua che da esse sgorga ha infatti (nel caso delle sorgenti perenni) una temperatura costante tutto l'anno. Questa stabilità ambientale (fisico-chimica) può consentire la colonizzazione da parte di taxa rari o significativi dal punto di vista biogeografico. Le ragioni che rendono le sorgenti habitat

peculiari e ricchi di biodiversità sono tuttavia complesse (eterogeneità di caratteristiche, complessa struttura a mosaico di microhabitat, natura ecotonale - cioè di ambiente di transizione - tra acque superficiali e sotterranee, tra ambienti francamente acquatici e terrestri ecc.) e discusse in Cantonati et al. (2012). Le sorgenti sono pertanto dei veri e propri GDE (Groundwater Dependent Ecosystems, Bertrand et al. 2012). Le sorgenti sono tuttavia minacciate da impatti antropici diretti (in particolare le captazioni) e indiretti.

Scopo del Progetto *CRENODAT* è stato quello di dare un contributo significativo al chiarimento della struttura del biota, ottenere un quadro idrochimico completo, iniziare lo studio del metabolismo bioorganico di organismi tipici, utilizzare le sorgenti per ricerche eco-fisiologiche e come siti ideali per indagini a lungo termine, individuare indicatori di integrità/naturalità delle sorgenti e di qualità ambientale in relazione a specifici problemi/parametri, e favorire la tutela con iniziative pilota di divulgazione. Una parte dei risultati è già stata pubblicata su riviste specializzate di settore (Cantonati et al. 2011), mentre, per quanto riguarda le metodologie di campionamento, è stata pubblicata una monografia in Inglese (Cantonati et al. 2007).

Il Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna ha quindi deciso di applicare analoghe metodologie di indagine a un gruppo di 16 sorgenti, individuate per i loro aspetti fortemente caratterizzanti, campionate dal 25 al 31 luglio 2011 (figura 13).

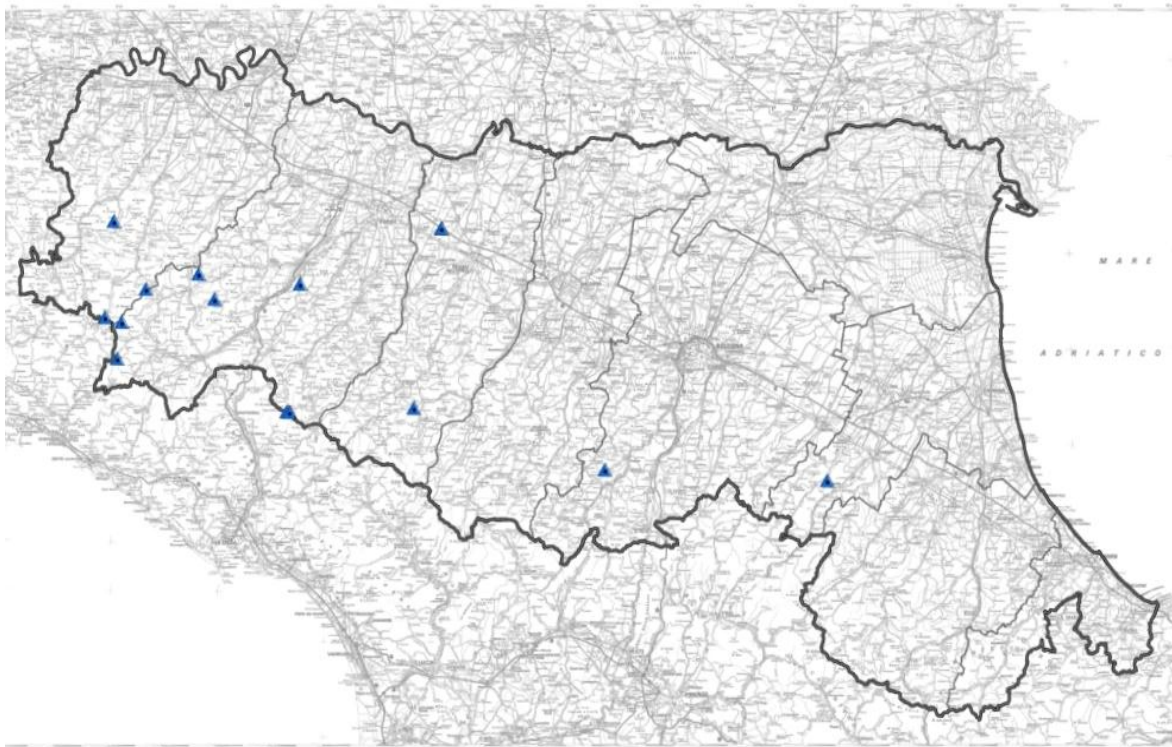


Figura 13 - Le sorgenti campionate nel corso del progetto triennale EBERs.

Foto 7a - 7b. A sinistra la sorgente di Poiano (alta Val Secchia, Appennino reggiano) durante una fase del campionamento (idrochimica, Macroalghe, Briofite). A destra la sorgente pietrificante di M. Carameto (alta Val Ceno, Appennino parmense).



Le 16 sorgenti investigate sono state selezionate dopo accurate valutazioni sulla base delle seguenti caratteristiche:

- preferenza di sorgenti situate in aree protette o di importanza Comunitaria (per es. Parco dei Cento Laghi, Riserva Naturale Orientata Fontanili di Corte Valle del Re, Monte Nero);
- presenza di versanti interessati da deformazioni gravitative profonde s.l.;
- sorgenti rappresentative delle tipologie presenti sul territorio: reocrene (scaturigine con acqua corrente), limnocrene (la polla è una pozza o un laghetto), elocrene (emergenza diffusa con formazione di zona umida), igropetriche (scaturigine costituita da velo d'acqua che scorre su superficie rocciosa) e con particolari caratteristiche fisico-chimiche (per esempio pietrificanti, ultrabasiche ecc.);
- sorgenti per le quali sono disponibili serie di dati fisico-chimici (temperature, portate, nutrienti algali, elementi in tracce e metalli pesanti);
- sorgenti da acquiferi impostati nei principali tipi geo-litologici dell'Appennino emiliano-romagnolo;
- sorgenti rappresentative delle diverse fasce altitudinali e con regime idraulico permanente;
- sorgenti in condizioni naturali o semi-naturali (con alcune eccezioni, come ad esempio il sito di S. Cristoforo di Labante).

Le sorgenti selezionate per l'indagine sono risultate quindi essere le seguenti:

	Nome ufficiale sorgente:	data	Temperatura (°C)	Ossigeno disciolto	saturazione percentuale di ossigeno	Conducibilità	pH	Redox	Portata (l/s)
1	Penna	25/07/2011	5,31	9,47	86	63	6,56	233	3,5
2	Ciapa liscia	26/07/2011	5,4	9,8	90,8	95	7,3	113	1
3	Mangiapane	26/07/2011	11,06	8,37	81,5	290	7,7	209	0,9
4	Lagacci	26/07/2011	7,66	8,6	80,1	137,4	7,47	213	3,5
5	Monte Nero	27/07/2011	5,8	nr	nr	118	7,63	nr	1,2
6	Barigazzo	27/07/2011	7,87	5,06	47,4	317	7,48	261	0,4
7	Carameto	28/07/2011	12,83	7,73	77,5	454	7,66	176	0,07
8	Poiano	28/07/2011	9,58	8,4	79,8	13,11	7,44	196	50
9	Labante	29/07/2011	15,42	8,17	86,1	470	8,2	134	7-10; 20-25
10	Gessi Riolo	29/07/2011	11,9	9,61	89	2320	7,83	164	2,5
11	Fontanile Valle del Re (polla in ombra)	30/07/2011	13,2	2,51	23,6	850	7,22	162	nr
12	Fontanile Valle del Re (polla al sole)	30/07/2011	15	7,31	76	841	7,11	135	nr
13	Monte Prinzerà	30/07/2011	13,96	2,43	21,7	260	11,2	143	0,03
14	Fontana del vescovo	31/07/2011	4,66	7,94	72	56,1	7,31	124	1
15	elocrena Lago Scuro	31/07/2011	9,81	5,92	54,1	39	7,27	134	nr
16	Capanne Lago Scuro	31/07/2011	8,75	8,28	83,9	25	6,41	200	0,8

Tabella 4 - Le sorgenti investigate nell'ambito del progetto *EBERs* e alcuni parametri rilevati sul campo con sonda multiparametrica. La correzione della conducibilità è compensata alla temperatura di 25 °C.

L'attività di campo ha visto la raccolta di dati idrochimici tramite una sonda multiparametrica che ha permesso di caratterizzare in tempo reale parametri come pH, conducibilità, temperatura, potenziale redox, ossigeno disciolto nell'acqua (vedi tabella 4). Campioni di acqua per le analisi chimiche (nutrienti, elementi in traccia) sono stati spediti al laboratorio di analisi del CNR di Venezia - Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali - Università di Venezia (referente Jacopo Gabrieli).

Per quanto riguarda la parte biologica si è prestata particolare attenzione alla parte vegetale compiendo rilievi della stessa sul campo e raccogliendo campioni di Briofite acquatiche o comunque caratterizzanti la sorgente e il suo immediato intorno.

Sono stati inoltre raccolti campioni di microalghe diatomee, un gruppo particolarmente studiato di alghe, in grado di fornire utili e interessanti indicazioni sulla qualità delle acque (tra l'altro la Direttiva Quadro 2000/60/CE prevede il loro utilizzo per la valutazione della qualità delle acque superficiali). Particolare attenzione è stata dedicata anche ad altri tipi di alghe e cianoprocaroti formanti strutture macroscopiche (filamenti, cenobi, talli ecc.) e colorazioni. Uno specifico approfondimento (referente: Eugen Rott, Università di Innsbruck, Austria) è stato dedicato ad alghe e cianoprocaroti che partecipano alla precipitazione dei carbonati nelle cosiddette "sorgenti pietrificanti", indicate anche quali habitat prioritari e meritevoli di tutela attraverso l'istituzione di Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.), come prescritto dalla Direttiva dell'Unione Europea 92/43/CEE.

Sono stati poi raccolti, da ogni sorgente, campioni di zoobenthos (invertebrati di varia taglia) per ottenere un quadro anche della componente animale di questi ambienti. Particolare attenzione verrà riservata ad alcuni gruppi animali quali gli Idracari (acari acquatici), gruppo che include il maggior numero di specie esclusive dell'habitat sorgivo (crenobionti), utili anche per distinguere le sorgenti temporanee da quelle permanenti e identificare eventuali sorgenti contaminate da metalli pesanti (referente: Reinhard Gerecke, Università di Tübingen, Germania). Verranno analizzati dettagliatamente anche i microcrostacei ostracodi, in quanto si prestano molto bene per valutare i rapporti tra sorgente e acquifero (referente: Giampaolo Rossetti, Università di Parma, Dipartimento di Scienze Ambientali) ed i microcrostacei copepodi, che presentano specie caratteristiche dell'habitat sorgivo, utili allo studio dei rapporti tra sorgente e acquifero (referente: Fabio Stoch, Roma).

In particolare, in questa guida vengono riportati i primi risultati delle analisi attualmente in corso delle analisi dei campioni raccolti dalle 16 sorgenti.

Il materiale roccioso di varia taglia, immerso o parzialmente immerso nelle sorgenti, è di solito colonizzato da diversi grandi gruppi di produttori primari: alghe bentoniche, licheni,

briofite. Ai margini e nelle zone in cui può accumularsi sedimento fine si possono trovare piante vascolari. Le diatomee (e spesso anche i cianoprocaroti o cianobatteri) spiccano per l'elevato numero di specie. Le alghe verdi sono spesso rappresentate anche da forme filamentose macroscopiche. I fattori ambientali che maggiormente determinano la composizione delle comunità sono il livello di mineralizzazione dell'acqua (cui sono associati alcalinità e pH), il contenuto in nutrienti (in particolare nitrati e fosforo totale) ma anche velocità di corrente, disponibilità di diverse tipologie di substrato e grado di ombreggiatura del sito. Diverse delle caratteristiche che influenzano la distribuzione degli organismi di sorgente vengono determinate dalle caratteristiche dell'acquifero parentale (van der Kamp 1995). Questi organismi sono eccellenti indicatori.

L'elevata biodiversità spesso rinvenuta nelle sorgenti è dovuta a una serie di fattori tra i quali il più rilevante è probabilmente la grande eterogeneità di situazioni che vengono raggruppate nel concetto di sorgente (Cantonati et al. 2012). Si pensi, per esempio, che nell'ambito del Progetto *EBERs* sono state studiate sorgenti che vanno dalle acque diluite dell'alta Val Parma alle acque minerali di una sorgente emergente dai gessi di Riolo e tipologie morfologiche che includono i fontanili, le pietrificanti, ecc. A questo si aggiunge il fatto che la diversità di molti gruppi di organismi non è ancora stata studiata in dettaglio nelle sorgenti di molte aree geografiche. Le microflore caratteristiche e ricche si trovano solo in ambienti a elevata integrità ecologica ed è quindi fondamentale la conservazione di numeri rappresentativi di sorgenti della varie tipologie.

I licheni colonizzano per lo più gli ambienti terrestri. Tuttavia vi sono alcune specie adattate alla vita anfibia o sommersa. Questi licheni acquatici costituiscono un elemento tipico della vegetazione delle sorgenti, dei ruscelli limpidi, degli argini dei fiumi e delle rive rocciose dei laghi e sono ben individuabili come patine scure ricoprenti il materiale lapideo. La presenza delle varie specie negli ambienti acquatici è influenzata da alcuni importanti fattori ecologici come ad esempio la durata del periodo di sommersione, il chimismo e la stabilità del substrato, l'intensità luminosa, la presenza di sedimento, l'eutrofizzazione e la presenza di inquinanti in genere. Su queste basi è ipotizzabile un utilizzo dei licheni acquatici in attività di biomonitoraggio nel quadro delineato dalla Direttiva Europea 2000/60/CE. Tuttavia, è necessario incrementare le conoscenze ecologiche e tassonomiche al fine di chiarire ulteriormente il ruolo di questi organismi negli ambienti acquatici, di standardizzare le tecniche di campionamento e di rendere più accessibile l'identificazione delle specie. Nelle sorgenti afferenti al progetto *EBERs* sono state rinvenute sei specie, di cui ben due non erano mai state segnalate in Italia e altre due sono nuove per la Regione Emilia-Romagna.

Alcune delle principali aree sorgentizie nell'Appennino emilia-romagnolo campionate dal progetto EBERs: il monte Penna

Con il contributo di: S. Segadelli, A. Gherardi, A. Gargini



Foto 8 - Il Lago del Penna e la cima del M. Penna (1736m) in veste estiva. Crinale ligure-parmense.

Come arrivare

Da Parma (circa un'ora e mezza in macchina) prendere l'autostrada A15 in direzione La Spezia, uscire a Borgotaro e proseguire in direzione di Bedonia. Giunti a Bedonia seguire la direzione Passo del Bocco e, passato l'abitato di Pontestrambo, seguire le indicazioni per Alpe, rifugio CAI del M. Penna.

Descrizione dell'area

Si propone una serie di percorsi escursionistici per osservare un luogo di notevole interesse naturalistico e paesaggistico riconosciuto a livello europeo a cavallo tra le provincie di Genova e Parma. Il crinale che chiude la testata della Val Taro e Val Ceno è segnato dagli imponenti rilievi del M. Penna (1736m s.l.m.) e M. Aiona (1701m s.l.m.), che rappresentano nell'insieme un'area di straordinario valore

naturalistico, dove il paesaggio, che diviene particolarmente aspro e alpestre, regala nelle diverse stagioni grandi suggestioni. Le rocce che costituiscono queste montagne sono i tipici basalti delle ofioliti, di colore verde scuro e rosso all'alterazione, che possono presentarsi brecciati, con struttura massiccia o a cuscini (dall'inglese *pillows*). Lungo il versante est di questa montagna assai peculiare è la depressione ad anfiteatro denominata "la Nave", che si è formata a seguito di movimenti franosi profondi a cui si deve la dislocazione di voluminose porzioni di rocce basaltiche.

Sito caratterizzato da foreste con faggio e abete bianco, rupi, detriti, grotte, conche lacustri, torbiere con vegetazione palustre e dalle sorgenti del fiume Taro e del torrente Ceno.

L'area rientra all'interno del patrimonio geologico e speleologico dell'Emilia-Romagna e nella Rete Natura 2000 della Regione Emilia-Romagna inserito sotto la forma di S.I.C. (codice identificativo IT4020007).

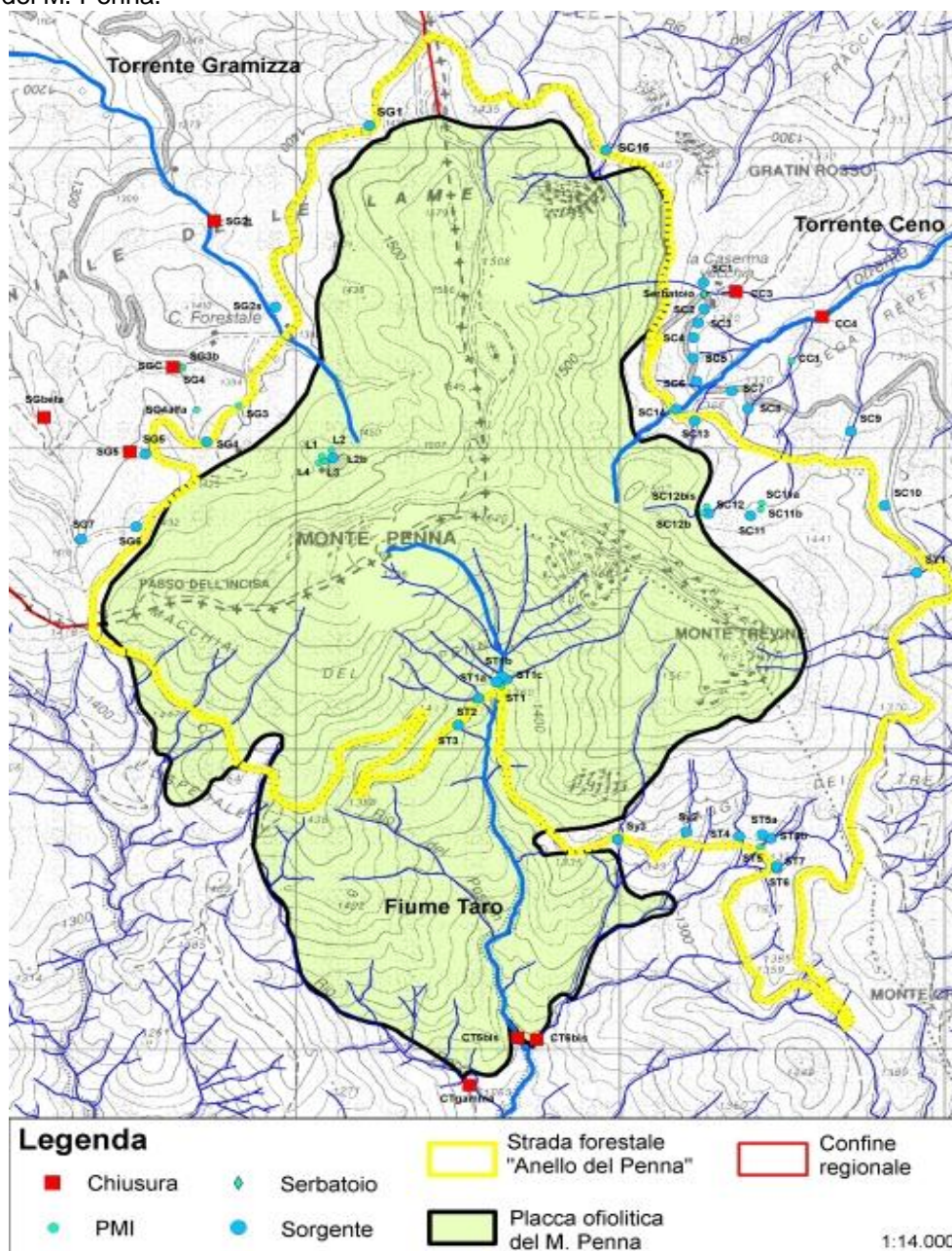
Il complesso ofiolitico del M. Penna è stato oggetto nel corso del 2011 di uno studio che aveva come scopo la determinazione sperimentale di un bilancio idrogeologico di un acquifero fratturato ospitato in un ammasso ofiolitico nell'Appennino settentrionale. Tutte le attività sono state svolte al fine di classificare i sistemi di flusso che alimentano le sorgenti, mediante il metodo di Gargini et al. (2008), e di definire il Bilancio Idrogeologico del Massiccio del M. Penna.

In particolare, in questa guida vengono riportati i primi risultati che riguardano il massiccio ofiolitico del M. Penna.

L'attività di ricerca è stata sviluppata, dapprima, con una fase di lavoro di campagna mediante "campagne di monitoraggio idrogeologico in discontinuo", compiute dalla fine di Luglio a fine Ottobre 2011 con l'obiettivo di raccogliere un *data-set* sperimentale di misure di portata. Il monitoraggio si è basato su alcune tecniche di acquisizione dati (figura 14), in punti strategici di confluenze dei rii sorgivi (aste torrentizie), assieme ad una misura dei parametri chimico-fisici di base (Temperatura dell'acqua, Conducibilità elettrica specifica e pH). L'approccio adottato di monitoraggio è motivato dalla natura stessa dell'area, caratterizzata da sorgenti libere. In seguito a ciò, è stata condotta una fase di prelievo ed analisi chimica di campioni d'acqua di sorgente prelevati in campagna, effettuata presso il laboratorio di Geochimica del Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell'Università di Bologna. La raccolta e l'analisi dei dati termo-pluviometrici hanno completato la fase di raccolta dati.

In tabella 5 sono descritti le caratteristiche chimiche di base delle principali aree sorgentizie a regime perenne presenti nel massiccio del M. Penna.

Figura 14 - Ubicazione delle sorgenti e dei punti monitorati in discontinuo nell'area del M. Penna.



Campioni	Data	Parametri di base			Elementi Fondamentali (mg/L)								Elementi minori o in traccia(mg/L)						
		pH	T(°C)	C (µS/cm)	Cationi				Anioni				Composti azotati			metalli pesanti			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻¹	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻¹	NH ₄ ⁺¹	NO ₂ ⁻²	F ⁻¹	Cr ²⁺	Ni	TDS(g/L)	
1 SC1	02-10-11	7,21	5,3	73	1,68	1,17	10,83	1,48	39,66	2,67	3,38	1,46	0,08	0,008	0,05	<10ppb	<10ppb	0,06	
2 SERBATOIO	02-10-11	7,25	5,8	73	1,80	1,17	10,37	1,45	39,66	2,36	0,00	1,46	0,07	0,008	0,02	-	-	0,06	
3 SC2	02-10-11	6,97	5,9	80	1,99	0,09	11,74	1,92	43,32	1,39	3,15	1,30	0,00	0,005	0,05	-	-	0,06	
4 SC3	02-10-11	7,15	13,9	135	4,26	0,71	18,35	2,52	66,20	2,05	12,12	0,42	0,00	0,008	0,06	-	-	0,11	
5 SC5	02-10-11	6,93	7,5	86	3,29	0,40	11,37	2,23	42,71	1,79	6,76	0,85	0,00	0,010	0,04	-	-	0,07	
6 SC6	02-10-11	7,08	10,7	82	1,90	0,19	12,40	2,54	50,64	0,21	0,51	0,18	0,03	0,007	0,01	-	-	0,07	
7 SC7	02-10-11	7,18	10,2	65	2,04	0,04	8,24	2,26	38,44	1,13	2,33	0,45	0,02	0,006	0,05	-	-	0,05	
8 SC8	02-10-11	6,8	6,2	79	2,61	0,13	12,22	2,20	46,37	1,49	4,27	0,99	0,01	0,012	0,05	-	-	0,07	
9 SC9	02-10-11	6,98	11	134	1,84	0,20	25,24	1,43	77,80	1,59	4,81	1,51	0,04	0,010	0,03	-	-	0,11	
10 SC11	02-10-11	6,86	7	62	1,72	0,07	10,400	1,52	33,56	1,56	3,27	1,05	0,00	0,005	0,03	-	-	0,05	
11 SC12	02-10-11	7,12	7,1	78	1,55	0,03	12,39	1,60	45,15	1,01	2,14	0,90	0,00	0,008	0,02	-	-	0,06	
12 SC13	02-10-11	6,87	5,2	59	1,54	0,06	9,01	1,39	33,56	1,25	2,64	1,36	0,06	0,007	0,02	-	-	0,05	
13 ST1a	03-10-11	7,01	12	64	2,02	0,12	9,31	1,83	34,78	1,54	3,12	1,48	0,00	0,008	0,05	-	-	0,05	
14 ST1b	03-10-11	6,91	11,6	58	2,13	0,08	7,56	1,63	31,73	1,71	3,55	1,10	0,00	0,007	0,05	<10ppb	<10ppb	0,05	
15 ST1c	03-10-11	6,79	11	64	2,07	0,02	8,42	1,88	34,78	1,95	3,15	1,14	0,00	0,009	0,05	-	-	0,05	
16 ST2	03-10-11	7,11	7,8	83	2,14	0,15	11,18	2,23	45,46	2,11	3,91	1,11	0,00	0,008	0,06	-	-	0,07	
17 ST3	03-10-11	7,32	11,4	70	2,10	0,02	10,02	2,40	37,52	1,74	3,22	0,90	0,00	0,009	0,06	-	-	0,06	
18 ST4	03-10-11	7,27	9,4	115	2,77	0,28	18,14	2,36	62,85	2,19	4,86	0,94	0,00	0,010	0,04	-	-	0,09	
19 ST5	03-10-11	n.d.	n.d.	n.d.	1,67	0,05	4,47	5,79	42,71	1,67	1,80	1,33	0,07	0,006	0,04	-	-	0,06	
20 ST5a	03-10-11	7,08	10,5	44	2,25	0,02	4,36	1,22	17,69	1,62	3,15	1,89	0,03	0,008	0,05	-	-	0,03	
21 ST5b	03-10-11	6,92	8,2	89	2,25	0,11	10,89	3,39	51,86	1,88	2,33	1,36	0,05	0,008	0,04	-	-	0,07	
22 ST6	03-10-11	6,97	9,3	96	2,54	0,12	12,14	3,14	48,81	1,77	2,98	1,97	0,03	0,010	0,06	-	-	0,07	
23 ST7	03-10-11	6,78	7,8	75	2,93	0,32	6,89	3,13	39,05	2,22	3,39	1,69	0,03	0,009	0,07	-	-	0,06	
24 Sy3	03-10-11	7,1	6,6	95	2,26	0,08	14,03	2,08	53,08	2,30	3,70	1,07	0,03	0,009	0,06	-	-	0,08	
25 SG2	02-10-11	6,42	6,1	52	2,33	0,02	6,23	2,53	32,34	2,13	2,86	0,50	0,02	0,005	0,03	-	-	0,05	
26 SG4alfa	02-10-11	6,5	7,4	106	1,62	0,02	6,92	8,92	64,07	1,93	2,13	1,69	0,04	0,008	0,00	-	-	0,09	
27 SG6	02-10-11	6,88	6,6	67	1,67	0,02	6,73	3,55	39,05	1,40	2,36	1,09	0,01	0,008	0,07	-	-	0,05	
28 SG7	02-10-11	6,99	10,4	150	2,37	0,17	21,90	4,47	79,32	2,82	4,95	0,55	0,02	0,005	0,04	<10ppb	<10ppb	0,12	
29 SG5	02-10-11	6,81	8,5	74	1,66	0,06	3,42	6,06	43,32	1,63	1,57	1,20	0,02	0,006	0,06	-	-	0,06	
30 LZB	02-10-11	6,9	10	52	1,78	0,01	7,68	0,88	28,07	1,13	1,06	1,04	0,06	0,007	0,02	-	-	0,04	

Tabella 5 - Risultati delle analisi chimiche di laboratorio delle sorgenti a regime permanente presenti nella placca del M. Penna.

L'analisi dei primi dati ottenuti permette di effettuare le seguenti considerazioni: il pH misurato ha un *range* che va da un minimo di 6,42 ad un massimo di 7,32, mentre la temperatura spazia tra valori che vanno da un minimo di 5,2 °C a un massimo di 13,9 °C. , L'ultimo parametro di base, la conducibilità elettrica specifica a 20°C va da un massimo di 150 µS/cm ad un minimo di 44 µS/cm. Inoltre, dalla tabella 2 si evince che le acque del M. Penna hanno TDS molto bassi, abbiamo a che fare con acque estremamente dolci le quali circolano di solito in rocce cristalline non alterate (graniti, gneiss, ofioliti, ecc.) prive di cementazione carbonatica all'interno delle fratture.

Praticamente nulle sono le evidenze di inquinamento. Analizzando nel particolare le concentrazioni delle sostanze azotate, si evince che si ha un valore massimo di 1.89 mg/l di NO₃⁻¹ (nitrati) di gran lunga inferiori ai limiti di legge pari a 50mg/l, 0.08 mg/l per lo ione ammonio (NH₄⁺) e un valore di 0,012 mg/l di NO₂⁻² (nitriti), questi ultimi con un limite di legge pari a 0.5 mg/l. Utilizzando il metodo di Langelier-Ludwig (figura 15) le acque del M. Penna sono classificabili come Bicarbonato-Calchiche.

Figura 15 - Grafico Langelier-Ludwig. Il primo quadrante in basso a sinistra definisce il campo delle acque Solfato Alcalino-Terrose. Le linee inserite indicano il campo di mixing delle acque a differente chimismo.

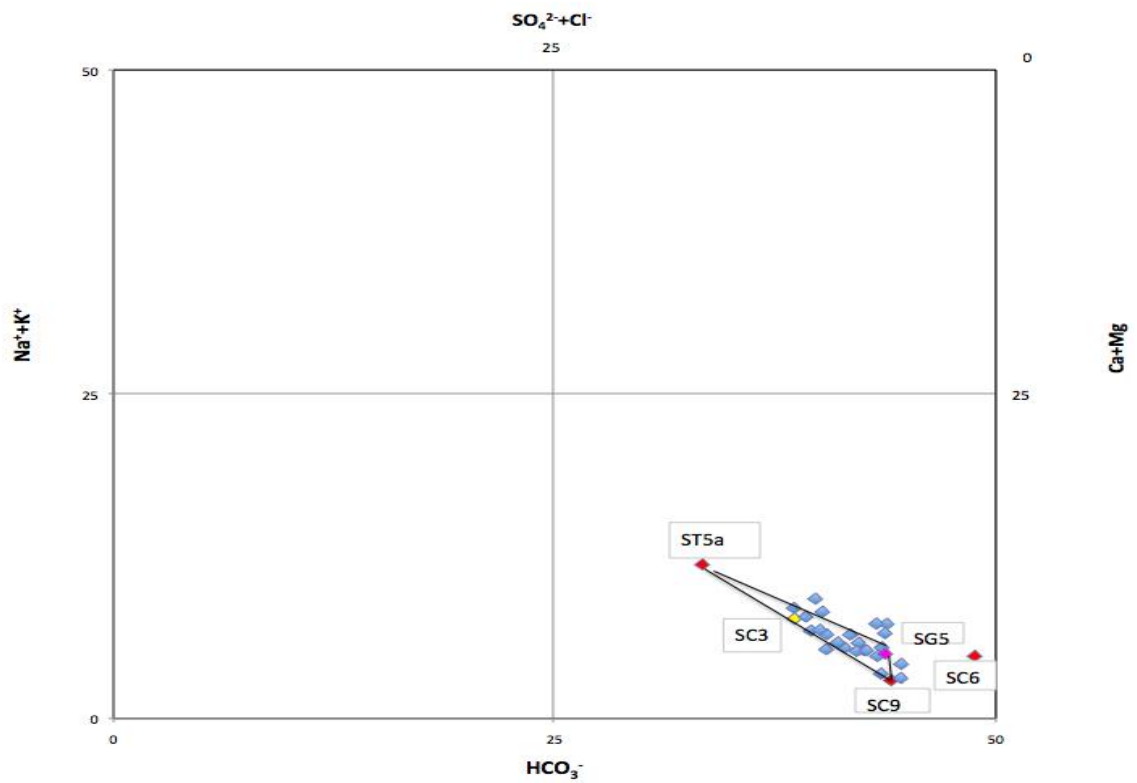


Foto 9 - Le sorgenti del torrente Ceno.

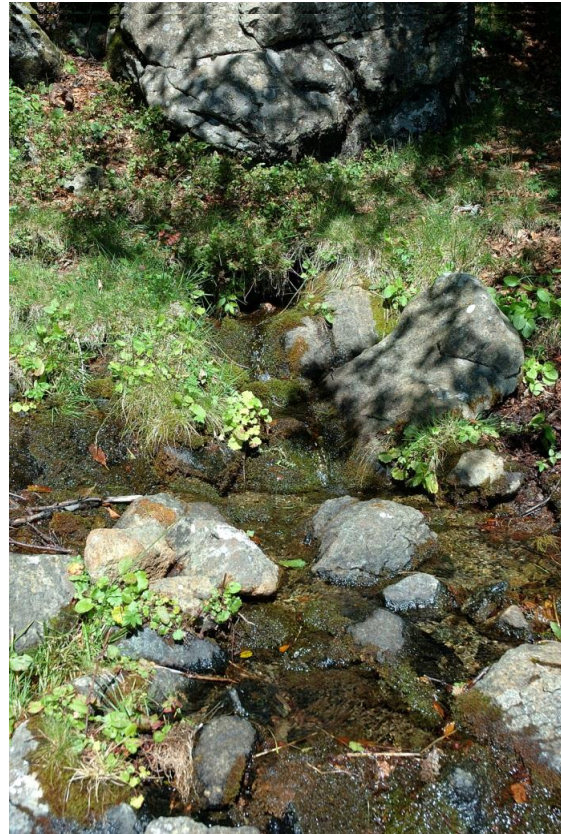


Foto 10 - Esempi di sorgenti naturali presenti nell'area del M. Penna.

Nell'ambito della parametrizzazione della placca oggetto di studio si è ritenuto fondamentale determinare il coefficiente di infiltrazione (C.I.) e il coefficiente di infiltrazione potenziale (C.I.P.) per l' ammasso ofiolitico coinvolto. I valori ottenuti rispettivamente sono:
(C.I.) di 0,14 (14%);
(C.I.P.) di 0,21 (21%).

Da dati di letteratura (Civita 2005) il valore del coefficiente di infiltrazione sembra associare la placca ofiolitica del M. Penna, da un punto di vista idrogeologico, ad un hard-rock aquifer plutonitico più che una vulcanite basica; quest'ultima, infatti, dovrebbe presentare un valore ben maggiore del coefficiente di infiltrazione.

Le sorgenti del M. Penna nell'ambito del progetto EBERs.

A cura di: M. Cantonati, N. Angeli, D. Spitale, E. Rott, F. Stoch, J. Nascimbene

Per quanto riguarda gli organismi vegetali (fotoautotrofi) l'equilibrio competitivo tra i grandi gruppi (alghe, licheni, briofite e piante vascolari) in questa sorgente è decisamente favorevole alle briofite (=muschi ed epatiche). Quasi tutti i substrati litici sono infatti ricoperti da briofite che in questa scaturigine molto ombreggiata hanno un ruolo dominante. Il comparto briofitico è caratterizzato dalla dominanza del muschio pleurocarpo *Brachythecium rivulare*, sia immerso che, in ampie porzioni, emerso. Di una certa consistenza sono anche i muschi acrocarpi tipici di ambienti umidi e ombrosi, come *Plagiomnium undulatum* e *Rhizomnium punctatum*. Le piante vascolari non sono abbondanti come copertura, e tra queste possono essere menzionate *Adenostyles glabra* e *Saxifraga rotundifolia*. In termini di entità della copertura, alle briofite seguono i licheni. Questi includono una specie piuttosto rara mai segnalata prima in Italia (*Verrucaria madida*) e un'altra specie dello stesso genere (*Verrucaria aquatilis*) nuova per la Regione

Emilia-Romagna. *V. madida* è una specie anfibia in siti frequentemente inondati su roccia silicea, spesso in associazione con altri licheni e briofite acquatiche. *V. aquatilis* è comune sia in sorgenti, sia lungo i corsi d'acqua, in condizioni di perenne/frequente sommersione. Solo con molta attenzione, sulle esigue superfici di materiale roccioso lasciate libere da briofite e licheni si riescono a scorgere coperture dovute a macroalghe bentoniche. Si tratta perlopiù di rari talli dell'alga rossa d'acqua dolce *Hildenbrandia rivularis* (foto 11). Questa specie è caratteristica di sorgenti molto ombreggiate con acque ben tamponate e conducibilità medio-alte. Le diatomee, alghe eucariotiche unicellulari microscopiche, sono invece presenti con comunità ricche di specie. Questo vale in particolare per le comunità insediate sulle briofite (diatomee epifitiche). Su due specie, appartenenti rispettivamente ai generi *Eunotia* e *Planothidium*, sono in corso dettagliati studi di approfondimento in quanto si tratta verosimilmente di specie nuove per la scienza.



Foto 11 – *Hildenbrandia rivularis*.

Alcune delle principali aree sorgentizie nell'Appennino emiliano-romagnolo campionate dal progetto EBERs: Le "Fonti di Poiano"
Con il contributo di: D. Bonaposta, De Nardo, G. Martinelli

Foto 12 - Le "Fonti di Poiano", particolare di una delle scaturigini.



Come arrivare

Dettagliate indicazioni sono fornite nella seguente pagina web:
<http://www.parcoappennino.it/it/come.arrivare.auto.modena.php>

Descrizione dell'area

Le fonti di Poiano sono la maggiore sorgente carsica dell'Emilia-Romagna e ricadono all'interno del comune di Villa Minozzo, provincia di Reggio Emilia. La scelta "imprescindibile" delle Fonti di Poiano è motivata dal loro storicamente noto e peculiare chimismo, dalla loro copiosa portata, del tutto eccezionale nell'ambito dell'Appennino emiliano-romagnolo, essendo dell'ordine delle centinaia di litri al secondo.

Le Fonti di Poiano appartengono alle sorgenti carsiche che si rinvergono entro le evaporiti triassiche (Gessi di Sassalbo e Calcare Cavernoso, figura 16). Le evaporiti e lembi minori di arenarie quarzose (Quarziti della Rivaccia) di età triassica appartengono alla Successione Toscana. L'attuale collocazione di queste unità nell'alta Val Secchia è completamente svincolata dall'originario contesto stratigrafico della formazione (alla base della Successione Toscana) e ciò per effetto di una complessa storia deformativa che fa sì che questo sia anche uno degli affioramenti dell'unità in posizione più esterna nella catena. Le evaporiti sviluppano "permeabilità in grande" per effetto dei fenomeni di dissoluzione ad opera delle acque di infiltrazione, che vengono quindi a giorno anche attraverso i gruppi di scaturigini delle Fonti di Poiano. In particolare, le Fonti di Poiano trovano espressione in cinque scaturigini che confluiscono in un piccolo corso d'acqua che, raccogliendo le acque delle Fonti, le convoglia direttamente verso l'alveo attivo del fiume Secchia. La loro maggiore caratteristica è il contenuto in cloruro di sodio.

Le misure di salinità di Poiano, ancorché effettuate con sporadicità solo nell'ultimo secolo, mostrano una progressiva e rapida diminuzione del contenuto di NaCl. Diversi monitoraggi idrochimici di questa area carsica hanno permesso di evidenziare come tutti i parametri delle acque di Poiano (portata, temperatura, cloruri, solfati, ecc.) non siano costanti ma seguano un preciso andamento stagionale. La notevole influenza dell'alternanza delle stagioni sulle Fonti di Poiano costituisce un primo forte indizio circa il fatto che questa risorgiva carsica è alimentata da una miscela di acque a chimismo (e provenienza) assolutamente differente.

Gli studi più recenti, individuano per il bacino di alimentazione delle Fonti di Poiano i seguenti apporti (Chiesi & Forti 2009):

- dalle acque meteoriche che si infiltrano nelle fratture, doline ed inghiottitoi del versante evaporitico degradante verso il torrente Lucola;
- dalle perdite in sinistra idrografica del torrente Lucola;
- da apporti sotterranei provenienti dal bacino del torrente Sologno;
- da un ulteriore circuito idrologico che raggiunge in profondità livelli di salgemma e risale alla risorgenza per la concomitanza di più fattori.

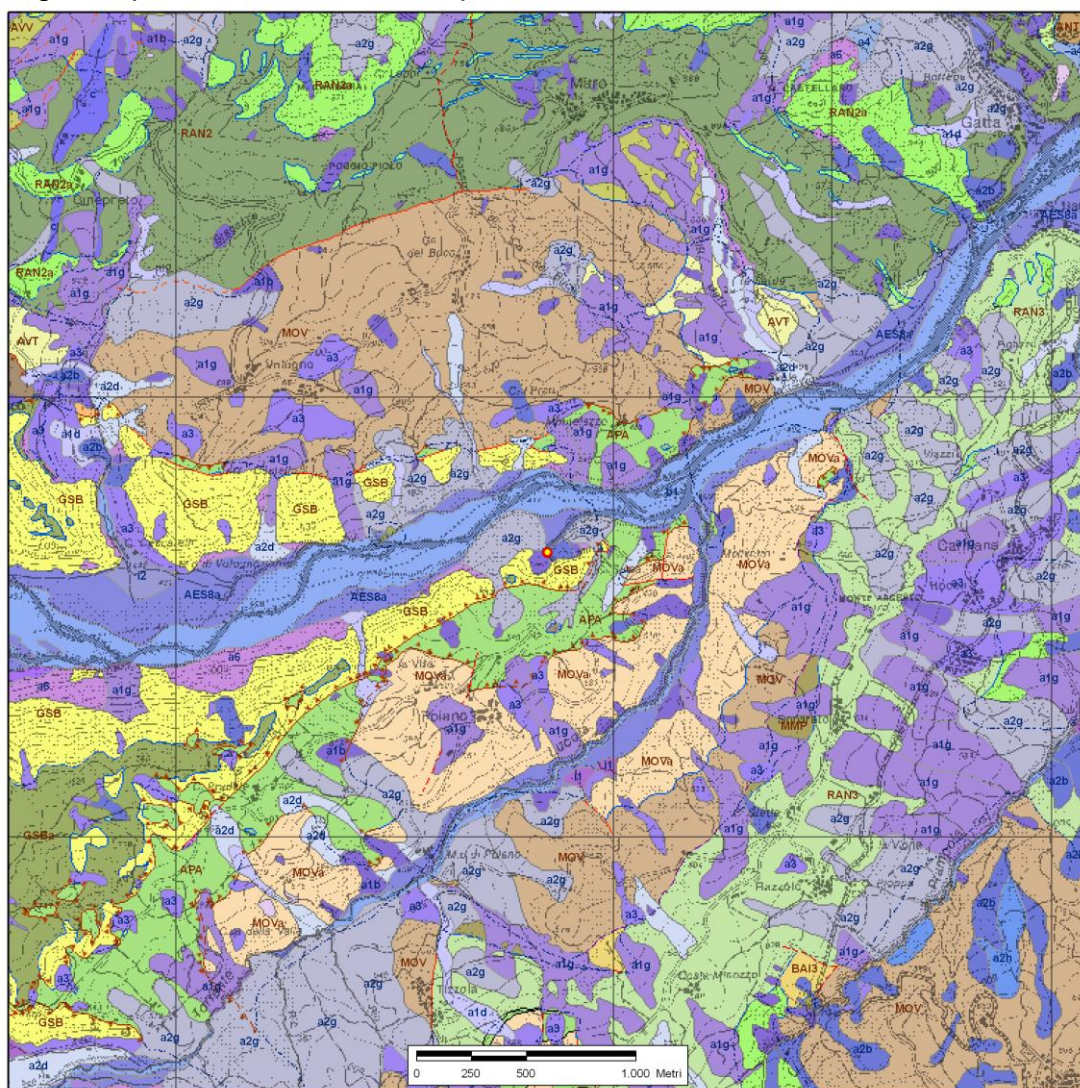


Figura 16 - Carta geologica dell'area delle "Fonti di Poiano", sezione 235020. Elaborazioni tratte dalla Banca dati della Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10.000 (Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, in Bonaposta, De Nardo & Martinelli 2009).



Aspetti geochemici delle acque della sorgente di Poiano

Il Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna ha collaborato allo svolgimento di un programma di campionamento mensile delle Fonti; il monitoraggio si è svolto da luglio 2008 a giugno 2009 ed ha previsto lo svolgimento di diversi tipi di analisi sui campioni prelevati, come riassunto in tabella 6.

	2008					2009				
	Luglio - Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio - Febbraio	Marzo	Aprile - Maggio	Giugno	
Fonti di Poiano	Chimica 1 Isotopia 1	Chimica 1 Isotopia 2	Chimica 1 Isotopia 3	Chimica 1 Isotopia 1	Chimica 1 Isotopia 2	Chimica 1 Isotopia 1	Chimica 1 Isotopia 2	Chimica 1 Isotopia 1	Chimica 1 Isotopia 2	

Tabella 6 - Per "Chimica 1" s'intendono analisi di: Torbidità, pH, Conducibilità, Ca, Mg, Na, K, Cl, HCO₃, NO₃, SO₄, Sr, Ba, B, Fe, Pb, Cu, Zn, Cr, Mn, Ti, As. Per "Isotopia 1": Ossigeno 18/ Ossigeno 16 e Deuterio/Idrogeno; "Isotopia 2": Ossigeno 18/ Ossigeno 16, Deuterio/Idrogeno e Trizio (cioè: "Isotopia 1" + Trizio); "Isotopia 3": Ossigeno 18/ Ossigeno 16, Deuterio/Idrogeno, Boro 11/ Boro 10 e Stronzio 87/Stronzio 86 (cioè: "Isotopia 1" + Boro e Stronzio). Quando si indica una coppia di mesi, significa che sui campioni prelevati in ciascun mese si esegue lo stesso tipo di analisi, ovviamente in tempi diversi.

Nelle figure 17 e 18 vengono descritti i risultati analitici relativi alle acque sorgive di Poiano, campionati nell'intervallo di tempo come da tabella 6. Le acque campionate a Poiano sono di carattere clorurato-solfato calcico. In particolare, la componente solfata bicarbonato è nettamente prevalente in quantità e derivante dalle acque meteo-carsiche, la seconda clorurata assai meno influenzata dalle condizioni pluviometriche locali. In questo modo le Fonti di Poiano sono alimentate da una miscela di acque carsiche veloci

con una piccola frazione di acque clorurate la cui esatta provenienza non è ancora perfettamente nota ma che, come desunto dalle analisi isotopiche effettuate, è comunque da considerarsi di infiltrazione recente.

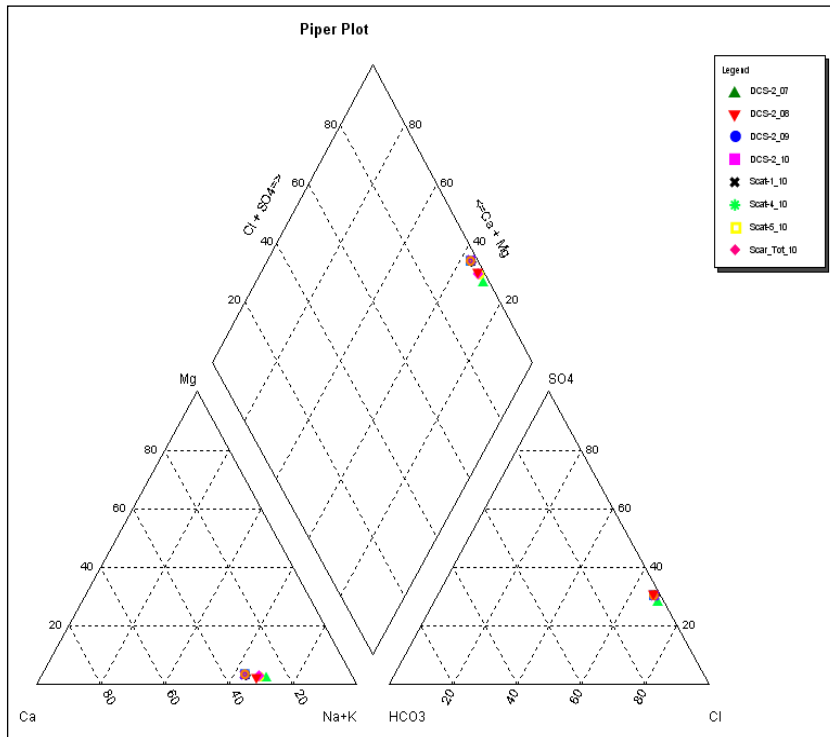


Figura 17 - Diagramma di Piper.

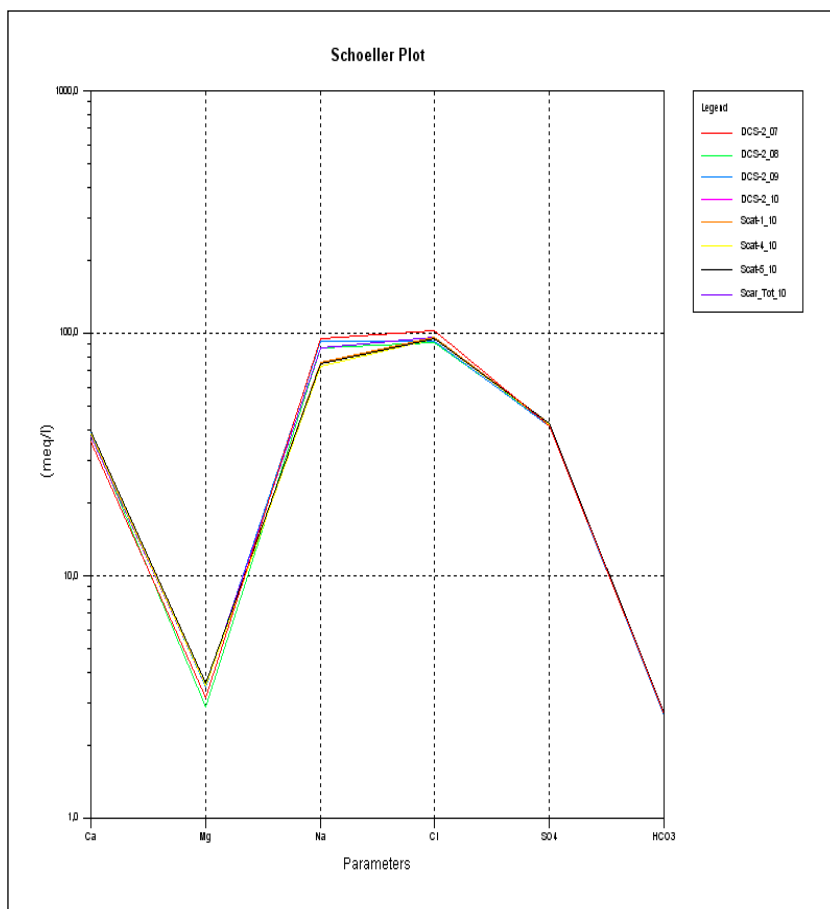


Figura 18 - Diagramma di Schoeller.

In particolare, il valore del tritio dell'acqua di Poiano è leggermente più bassa rispetto a quella del Fiume Secchia confermando tempi medi di residenza ≤ 1 anno. Considerando anche i valori isotopici dell'Ossigeno il tempo di residenza medio dei fluidi coinvolti nel processo di ricarica risulta ≤ 6 mesi.

Notizie aggiuntive

Dalla zona delle fonti di Poiano si possono ammirare le maestose pareti dei Gessi Triassici del fiume Secchia.

Foto 13 - Misura in campagna del valore di conducibilità delle Fonti di Poiano. La correzione della conducibilità è compensata alla temperatura di 25 °C.



Foto 14 - Particolare di una delle scaturigini.



Foto 15 - Particolare di una delle scaturigini.

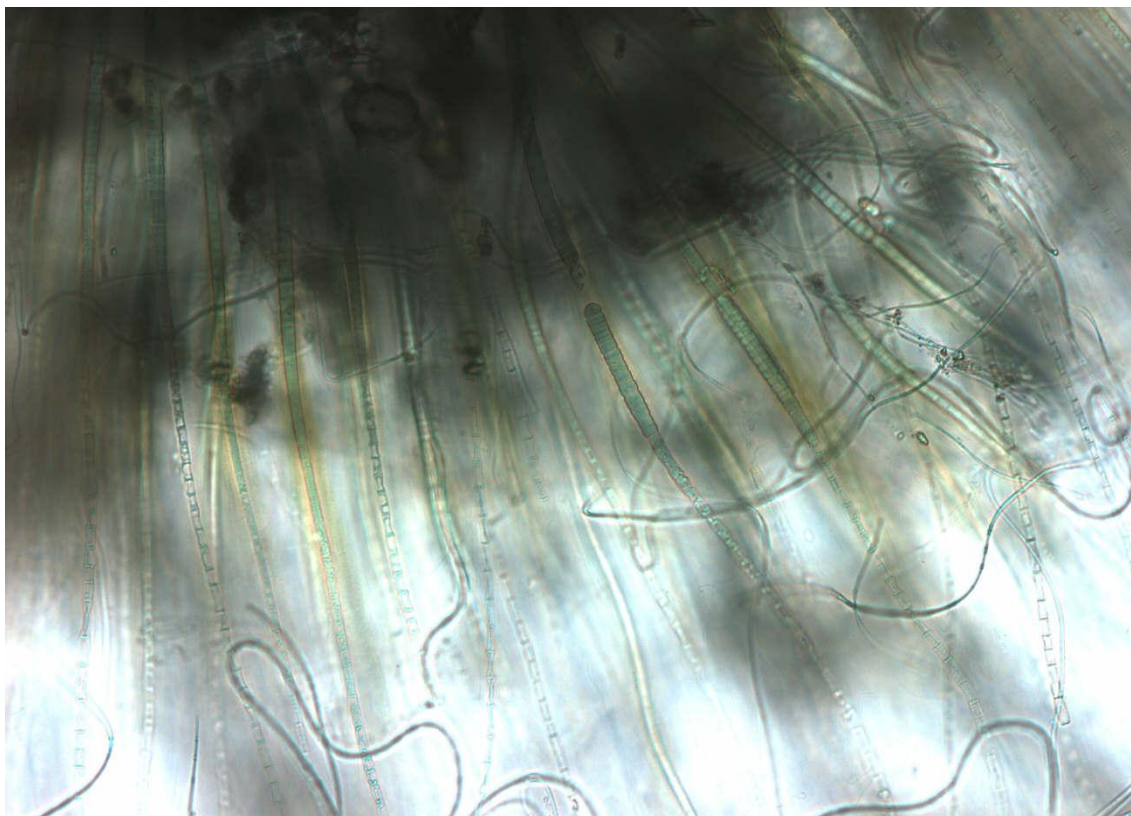


Le Fonti di Poiano nell'ambito del progetto EBERs

A cura di: M. Cantonati, N. Angeli, D. Spitale, E. Rott, F. Stoch, J. Nascimbene

L'elevata salinità dell'acqua e probabilmente anche la notevole competizione con l'alga verde *Cladophora* sp. e con altre macroalghe limitano molto lo sviluppo delle briofite e dei licheni in questa sorgente. Le alghe bentoniche macroscopiche sono invece dominanti e includono una specie di *Cladophora*, una specie di acque salmastre del genere *Rivularia*

Foto 16 - Foto al microscopio ottico (200x) di una specie di cianobatterio di acque salmastre appartenente al genere *Rivularia*.



(cianoprocariti), e un'alga verde filamentosa del genere *Mougeotia*. La salinità seleziona anche fortemente le microalghe diatomee rappresentate da poche specie note da estuari e ambienti di acque interne con elevata salinità (*Fragilaria famelica*, *Nitzschia frustulum*). Caratteristica la presenza di una specie relativamente rara nota da sorgenti minerali e termali dell'Europa centrale: *Achnanthisdium thermalis*. Interessante il rinvenimento di una specie del genere *Amphora* che assomiglia molto a una specie finora nota solo da sorgenti minerali africane.

Nella sorgente di Poiano è stato rinvenuto il crostaceo anfipode nifargide *Niphargus poianoi*. Si tratta di una specie stigobia e di un elemento confinato alle acque gessose saline dell'Alta Val Secchia, di cui è un ottimo marcatore ecologico (Stoch et al. 2009a, 2009b). Ha la sua località tipica alle Sorgenti di Poiano, dove è stato rinvenuto anche nel corso del progetto EBERs.

Per maggiori informazioni:

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/>

Sito della Direzione Ambiente della Regione Emilia-Romagna.

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/>

Sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

<http://www.regione.emilia-romagna.it/natura2000/>

Sito del Servizio Parchi, Aree protette e Natura 2000 della Regione Emilia-Romagna.

<http://www.geologi.emilia-romagna.it/rivista/index.html>

Per consultare la rivista dell'ordine dei geologi della Regione Emilia-Romagna.

<http://www.mtsn.tn.it/>

Sito del Museo delle Scienze di Trento. Un sistema integrato di musei scientifici in Trentino.

<http://archiviocartografico.regione.emilia-romagna.it/bookshopfe/>

L'Archivio Cartografico della Regione Emilia-Romagna è un vero e proprio bookshop dove si possono consultare e acquistare materiali cartografici e pubblicazioni di vario contenuto, curati e pubblicati dai diversi settori della Regione.

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/patrimonio-geologico>

Area dedicata al patrimonio geologico e speleologico dell'Emilia-Romagna in cui troverete tutto quello che la Regione fa per la sua valorizzazione, tutela e fruizione.

<http://sentieriweb.regione.emilia-romagna.it>

Il sito fornisce mappe e informazioni su percorsi e itinerari, lungo i sentieri del territorio regionale, per turisti, escursionisti e appassionati. La cartografia permette anche di costruire i propri percorsi personalizzati, oltre che di visualizzare quelli realizzati dagli altri navigatori.

Bibliografia essenziale

- BONAPOSTA D., DE NARDO M.T. & MARTINELLI G. (2009) - *Il progetto di bonifica del sito di interesse nazionale di Sassuolo-Scandiano e gli ulteriori studi sulle "Fonti di Poiano": risultati preliminari*. In: *Il Progetto Trias*, CHIESI M. & FORTI P. (Eds.), Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Serie II, **23**, 99-128.
- BERTRAND G., GOLDSCHIEDER N., GOBAT J.M. & HUNKELER D. (2012) - *Review: From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems*. Hydrogeology Journal, **20**, Issue 1, 5-25. DOI: 10.1007/s10040-011-0791-5.
- CANTONATI M., BERTUZZI E. & SPITALE D. (Eds.) (2007) - *The spring habitat: biota and sampling methods*. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento. Monografie del Museo delle Scienze di Trento, n°4, 350pp.
- CANTONATI M., GERECKE R., JÜTTNER I. & COX E.J. (Guest Eds.) - (2011). *Springs: Neglected Key Habitats for Biodiversity Conservation*. J. Limnol. 70 (Suppl. 1). 187pp.
- CANTONATI M., FÜREDER L., GERECKE R., JÜTTNER I. & COX E.J. (2012) - *Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: Towards an understanding of their ecology*. In: M. CANTONATI, L. FÜREDER, I. JÜTTNER & E.J. COX (Eds.), *Ecology of Springs*. Freshwater Science (formerly Journal of the North American Benthological Society). Special Issue, **31**, 463-480.
- CHIESI M. & FORTI P. (2009) - *Il Progetto Trias*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Serie II, Vol. XXII, 164pp.
- CIANCABILLA N. & BONOLI A. (2010) - *Nuovi approfondimenti sulla termalizzazione e mineralizzazione delle acque termominerali di Porretta Terme*. Il Geologo, Rivista dell'Ordine dei Geologi Emilia-Romagna, n°38, 29-35.
- CIBIN U., SPADAFORA E., ZUFFA G.G. & CASTELLARIN A. (2001) - *Continental collision history from arenites of episutural basins in the Northern Apennines, Italy*. G.S.A. Bulletin, **113**, n°1, 4-19.
- CIVITA M. (2005) - *Idrogeologia applicata e ambientale*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 794pp.
- DE NARDO M.T., SEGADELLI S. & VESCOVI P. (2007) - *Studio pilota per la caratterizzazione geologica delle sorgenti nella zona del M. Nero (alta Val Ceno e alta Val Nure - Province di Parma e Piacenza)*. Il Geologo, Rivista dell'Ordine dei Geologi Emilia-Romagna, n°25, 5-21.
- DE NARDO M.T., PARISI A., BONOTTO P. & CASONI S. (2010) - *Formazione di un quadro conoscitivo sulle acque minerali e termali nella Regione Emilia-romagna: stato dell'arte*. Il Geologo, Rivista dell'Ordine dei Geologi Emilia-Romagna, n°38, 19-28.
- FILIPPINI M. (2010) - *Monitoraggio del deflusso di base di un acquifero arenaceo dell'Appennino bolognese (Castel d'Aiano) al fine di valutare l'entità della risorsa idrica sotterranea*. Tesi di laurea, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Bologna, 167pp.
- GARGINI A., VINCENZI V., PICCININI L., ZUPPI G.M. & CANUTI P. (2008) - *Groundwater flow systems in turbidites of Northern Apennines (Italy): natural discharge and high speed railway tunnels drainage*. Hydrogeology Journal, **16**, n°8, 1577-1599, versione elettronica con supplementary material: doi: 10.1007/s10040-008-0352-8.
- LONGHI M. (2003) - *Studio Idrologico della sorgente carsica di San Cristoforo di Labante (Castel d'Aiano BO)*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche relatore Prof. Paolo Forti, correlatore Dott. Gian Andrea Pini.
- MARCONI F. (2000/2001) - *Indagini idrogeologiche su un massiccio ofiolitico del crinale appenninico: l'esempio del versante orientale del M. Nero (Appennino ligure-emiliano)*. Università degli studi di Pavia, Facoltà di Scienze della Terra, Tesi di Laurea Sperimentale in Scienze Geologiche, 108pp.
- STOCH F., VALENTI D., CHIESI M. & TOMASIN G. (2009) - *Il drift delle specie stigobie alle sorgenti di Poiano (Appennino Reggiano): relazioni con l'idrodinamica dell'acquifero*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 22, 129-144.
- STOCH F., PIERI V., SAMBUGAR B. & ZULLINI A. (2009) - *La fauna delle acque sotterranee dell'Alta Val Secchia (Appennino Reggiano)*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 22, 145-164.
- VAN DER KAMP G. (1995) - *The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review*. Journal of the Kansas Entomological Society, **68**, n°2, 4-17.