I travertini nel Parco delle Gole della Breggia

Autor(en): **Uggeri, Alessandro**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Memorie / Società ticinese di scienze naturali, Museo cantonale di storia naturale**

Band (Jahr): **9 (2007)**

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-981624

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

I TRAVERTINI NEL PARCO DELLE GOLE DELLA BREGGIA

di Alessandro Uggeri

Lo studio dei travertini ha un considerevole interesse scientifico poiché si tratta di habitat pregiati, vulnerabili, turisticamente attraenti e potenzialmente ricchi di informazioni ambientali relative al passato. La diffusione dei travertini è potenzialmente ampia, in quanto il processo di formazione (precipitazione di carbonato di calcio) è una delle reazioni geochimiche più diffuse sulla crosta terrestre; tuttavia i corpi travertinosi si formano realmente solo in presenza di condizioni ambientali specifiche, che in genere si verificano in prossimità di sorgenti non inquinate alimentate da acquiferi carbonatici permeabili per fratturazione, poco carsificati.
Nel Parco sono presenti alcuni corpi di travertino degni di interesse; ne sono stati studiati i principali parametri, ne è stato interpretato il significato geoambientale e sono state delineate le politiche gestionali volte alla tutela e alla valorizzazione.

MECCANISMI DI FORMAZIONE

I travertini, denominati anche tufi calcarei, sono rocce sedimentarie chimiche e organogene, costituite principalmente da cristalli di carbonato di calcio (calcite e aragonite), che si formano quando acque ricche in bicarbonati cedono anidride carbonica all'atmosfera e agli organismi vegetali fotosintetici. Il complesso fenomeno che causa la precipitazione del carbonato di calcio è dato dal riequilibrio della reazione chimica:

$$Ca(HCO_3)_2 \div CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

Sotto il profilo genetico si riconoscono due tipi principali di travertini: «termali» e «freddi».

I travertini termali si formano in conseguenza della precipitazione di sali a partire da acque calde, mineralizzate. Il raffreddamento di queste acque e la diversa pressione di diossido di carbonio tra l'atmosfera e il sistema acquifero termale determinano intensi fenomeni di precipitazione in prossimità delle emergenze sorgentizie, con formazione di placche di travertino, che possono estendersi per qualche chilometro e con spessore di centinaia di metri. In queste condizioni la partecipazione al processo di precipitazione da parte della vegetazione è assai modesto: l'eventuale ruolo della vegetazione è quello di impalcatura per la precipitazione del carbonato di calcio. Questo tipo di travertini è assai diffuso in Turchia e in Italia centrale, per la diffusa presenza di acque termali associate al vulcanismo recente.
I travertini formatisi da acque a temperatura ambiente sono in genere associati a sorgenti («sorgenti pietrificanti») con contenuto salino elevato. L'arricchimento in bicarbonato di calcio delle acque sotterranee è in equilibrio con la pressione parziale di diossido di carbonio nei suoli (rizosfera), più elevata che in atmosfera. Quando le acque sotterranee vengono a giorno, la quantità di diossido di carbonio disciolto si riequilibra con la pressione parziale del medesimo gas in atmosfera; la perdita di CO_2 spinge l'equilibrio carsico verso la precipitazione del carbonato di calcio, con formazione di incrostazioni di calcite. La perdita di anidride carbonica è maggiore in prossimità delle sorgenti e in corrispondenza di salti (cascatelle, rapide ecc.) dove viene favorita l'agitazione delle acque; un ulteriore contributo alla perdita di diossido di carbonio, e quindi alla precipitazione di carbonato di calcio, proviene dagli organismi fotosintetici associati a questo tipo di ambiente. I travertini del Parco delle Gole della Breggia appartengono a questa tipologia.

La precipitazione del carbonato di calcio avviene sulle superfici disponibili, laddove il flusso delle acque lo consente; le incrostazioni ricoprono la vegetazione presente, soprattutto quella coinvolta nel processo di sottrazione di anidride carbonica, i clasti, la roccia in posto, i frammenti di vegetali quali foglie, rami ecc., i resti di animali (gusci di gasteropodi), come pure eventuali rifiuti lasciati dall'uomo. La morfologia dei depositi e la loro tessitura dipendono dal tipo di strutture che vengono incrostate, dalla velocità di flusso delle acque, dal tasso di precipitazione, dall'entità del contributo della vegetazione alla sottrazione di CO_2.

Nella letteratura scientifica la metodologia di descrizione dei depositi di travertino non è univoca, in quanto spesso gli autori sono

Fig. 1 – Dettaglio di un affioramento di travertino.

stati condizionati da ipotesi genetiche preconcette e/o da esperienze personali riferite a specifici contesti geografici e quindi deposizionali. Una sintesi in questo senso viene riportata di seguito.

MORFOLOGIA DEI DEPOSITI

Si distinguono i seguenti tipi di ammassi:

Forme elementari

- *Ammassi in rilievo* di travertino, senza morfologie caratteristiche. Sono distribuiti nelle zone a stillicidio costante (ad esempio, sotto piccole cascate), associati a una vegetazione rigogliosa (muschi e alghe).
- *Colate* di travertino: hanno forma sviluppata in senso longitudinale, in genere trapezoidale con apice stretto.
- *Vaschette di concrezionamento.*

Edifici complessi

Sono costituiti dall'associazione di più forme elementari, talvolta riferibili a più fasi di deposizione e sono impostati in corrispondenza delle cascate, sia singole che frazionate. Sotto il profilo cronologico sono distinguibili i seguenti tipi:

- Recenti o attuali, localizzati in corrispondenza degli attuali corsi d'acqua. Possiedono una morfologia «a cuneo» con apice rivolto a monte. In concomitanza delle rotture di pendenza la «cascata in travertino» è generalmente frazionata in più cascate minori, con interposte delle vasche nei tratti piani. La pendenza del deposito di travertino varia da subverticale fino a poco inclinato.
- Depositi fossili, situati ai lati dei corsi d'acqua e ricoperti talvolta da vegetazione e suoli. Sono uniti ai precedenti; la loro morfologia è poco evidente ma segue l'andamento della superficie topografica attuale.

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE, FACIES

Sono distinguibili le seguenti facies:

- Travertini porosi mal strutturati e scarsamente cementati, costituiti da masse friabili leggere. Sono tipici delle zone soggette a continuo stillicidio con abbondante vegetazione (muschi, alghe ecc.), con incrostazioni su supporto vegetale in posizione di vita.
- Travertini porosi ben cementati, con incrostazioni in posizione di vita.
- Concrezioni cristalline compatte. Sono tipiche nelle cavità di accrescimento, ove rivestono, sotto forma di colate, i travertini precedentemente deposti.
- Depositi detritici, a clasti prevalentemente carbonatici, cementati dai travertini. Sono presenti prevalentemente nelle prime fasi di deposizione del travertino.
- Travertini cilindrici, originati dalla precipitazione di carbonato di calcio su nuclei sospesi in acqua quali sassolini, legnetti ecc.

TESSITURE

Gli elementi base delle tessiture dei travertini sono rappresentati dalle incrostazioni, che consentono di discriminare due grandi classi: i travertini detritici e quelli autoctoni.

I ***travertini detritici*** sono costituiti da granuli incrostati i quali costituiscono nell'insieme una caratteristica tessitura «clastica». Questi granuli sono, di regola, frammenti di incrostazioni su supporto ai vegetali di vario tipo, di rado indicano una storia di trasporto estremamente lunga ad opera di correnti trattive (orientamento dei clasti, embricatura ecc.), più spesso indicano accumuli quasi in posto e o a breve distanza dal luogo della incrostazione. I travertini detritici prendono nome di tubolari se l'incrostazione avviene su legnetti o clasti che indirizzano l'accrescimento verso una forma cilindrica.
I ***travertini autoctoni*** derivano da rapidi processi di incrostazione che conservano le strutture vegetali (fitostrutture) nella loro posizione originaria (incrostazioni in situ).

DIAGENESI

Nei travertini i processi deposizionali («incrostazione») e diagenetici sono di regola strettamente interconessi. In particolare la cementazione contribuisce in modo determinante alla litificazione delle masse travertinose. Oltre alla cementazione, altri processi diagenetici possono interessare più o meno intensamente i travertini durante la fase deposizionale (diagenesi precoce). Vista la rapidità con cui la materia organica viene intrappolata e decomposta (azione batterica) e la facilità con cui le acque possono circolare in questi depositi altamente porosi e permeabili, non è in genere possibile tracciare nei travertini un limite netto tra incrostazione e diagenesi.

I batteri esercitano un ruolo primario in fase di diagenesi precoce. A loro si devono i diffusi processi di micritizzazione che tendono ad omogenizzare i caratteri microstrutturali originari con una riduzione della taglia dei cristalli di precipitazione primaria. Essi intervengono inoltre nel sedimento appena deposto con la creazione di microambienti in cui aumenta la pressione della CO_2 e si instaura un «clima» favorevole ai processi di soluzione. Questi a loro volta mineralizzano le acque circolanti facilitando i successivi processi di riprecipitazione, non appena dalle stesse acque può sfuggire anidride carbonica. Si creano così le condizioni adatte allo sviluppo di un diffuso microcarsismo che trova la sua tipica manifestazione nelle fasce

marginali facilmente esposte. Nelle zone di cascata si instaurano invece condizioni adatte per la formazione, anche in fase iniziale di deposizione, di strutture speleotemiche che possono raggiungere grandi dimensioni.

RAPPORTI TRA BRIOFITE E TRAVERTINO

La stretta associazione fra alcune specie di briofite e il travertino ha suggerito che queste piante possano influire positivamente sul meccanismo di deposizione.
Tra le specie di briofite più comunemente associate con queste rocce vi sono i muschi appartenenti alla classe Bryopsida, quali *Dydimodon tophaceus, Eucladium verticillatum* e *Palustriella commutata* (sinonimo di *Cratoneuron commutatum*). Altre specie di briofite, generalmente meno frequenti sul travertino, appartengono all'ordine Marchantiopsida (briofite epatiche).
Le specie di briofite menzionate, in stretta associazione con le piante vascolari, formano una comunità vegetale che si sviluppa in presenza di acque ricche in carbonati; il particolare ambiente che si viene a creare è detto *Cratoneurion*, dal nome di una specie di muschio che ha un ruolo importante nella formazione di questo habitat.

Nella bibliografia italiana relativa ai rapporti tra travertinizzazione e vegetazione, spiccano i lavori di Charrier (1952, 1953, 1960, 1963), che annovera tra le specie collegate alla deposizione di travertino *Eucladium verticillatum, Palustriella commutata* (presenti nell'area in oggetto) e *Hymenostylium recurvirostrum*.

Le comunità acquatiche di briofite che si sviluppano su roccia sono principalmente influenzate da due fattori: la velocità della corrente, con specie da limnofile a reofile, e il grado d'idrofilia, con specie da sommerse ad emerse (Gimeno-Colera e Puche-Pinazo 1999). La crescita delle briofite acquatiche sembrerebbe compromessa nel caso in cui la velocità del flusso superi 1 m/s nella stagione vegetativa, sebbene esista una relazione positiva tra velocità della corrente e assorbimento di anidride carbonica per fotosintesi; la competitività delle briofite in ambienti acquatici sarebbe inoltre favorita dalla scarsa presenza di nutrienti (Proctor 1982). L'effetto della corrente è infatti ben evidente nei torrenti studiati: le briofite difficilmente crescono dove esiste un flusso d'acqua continuo e rapido, rifugiandosi in posizioni soggette a debole corrente. Lo sviluppo delle briofite sarebbe inoltre avvantaggiato, relativamente a quello delle macrofite, in acque dove la forma dominate di carbonio disponibile è CO_2, con concentrazioni particolarmente alte in corsi d'acqua ben aerati (Brown, 1982).
Inoltre, la crescita del *Cratoneuron filicinum* è favorita in presenza di fonti di rilascio che innalzano le concentrazioni ioniche (Mg^-, K^- e NO_3^-), in acque originariamente molto povere in sali disciolti (Vanderpoorten e Klein 1999).

DISTRIBUZIONE DEI CARATTERI IN FUNZIONE DELL'AMBIENTE DEPOSIZIONALE

In ambito prealpino i travertini si sviluppano in quattro situazioni geomorfologiche principali:

- sorgente
- alveo pendente
- cascata
- piana alluvionale

In prossimità delle sorgenti la precipitazione ha luogo per allontanamento del CO_2 a seguito dell'abbandono delle condizioni di equili-

Fig. 2 – Associazione di briofite e Lingua di Cervo (*Phyllitis scolopendrium*) in un affioramento di travertino lungo un muro a secco.

Fig. 3 – Associazione di briofite.

brio esistenti nel sottosuolo. Le forme elementari più tipiche sono rappresentate da incrostazioni cilindriche, planari e «a gallette».

Negli alvei pendenti la degassazione è favorita dalla presenza di rapide, cascatelle ecc; in questi contesti può essere tuttavia molto forte l'attività erosiva, con conseguente assenza di deposizione o asportazione dei travertini. Le forme elementari più tipiche sono le vaschette, le forme a duomi e i travertini cilindrici.
In prossimità delle cascate esistono tre possibili sub-ambiti:

- A monte della cascata medesima si forma un laghetto (di ritenuta) con crescita verticale; le forme tipiche sono «a duomi», planari, a gallette, cilindrici.
- In corrispondenza della cascata la degassazione è assai elevata e si vengono a formare corpi travertinici volumetricamente consistenti, in aggradazione orizzontale. Le forme tipiche sono le incrostazioni di muschi, le incrostazioni discontinue, gli speleotemi.
- Alla base della cascata l'energia delle acque favorisce l'erosione, o al massimo, nei settori meno coinvolti dalla corrente, la deposizione di travertini detritici (cilindrici).

In assenza di nuovi apporti di acque mineralizzate, nelle piane alluvionali il fenomeno di travertinizzazione giunge progressivamente a termine. Le forme tipiche sono rappresentate dalle incrostazioni cilindriche, dalle oncoliti e dalle gallette. In genere il fenomeno di travertinizzazione cessa entro una distanza di circa 200 m dalla sorgente; tale distanza aumenta se si verificano ulteriori apporti di acque sorgive in alveo,

DISTRIBUZIONE DEI TRAVERTINI NEL PARCO DELLE GOLE DELLA BREGGIA

Gli affioramenti di travertini all'interno dell'area del Parco sono ubicati principalmente nelle seguenti aree :

A **Alveo della Breggia**, in corrispondenza dell'Ammonitico Rosso. Grosso affioramento in sponda destra del torrente in corrispondenza di una cascata, allo sbocco della Valle di Bicc sulla Breggia medesima.

B Zona del **Punt dal Farügin** (parte settentrionale del Parco), in sponda sinistra della Breggia. Nei pressi del ponte sono distinguibili i seguenti affioramenti:

1 Affioramento a SE del ponte, a monte del sentiero (quota ca. 330-340 m slm).
2 Affioramento immediatamente a monte del sentiero poco prima del ponte (quota ca. 330 m slm).
3 Affioramento a SE del ponte, lungo il canalone in corrispondenza della frana di Morbio Superiore, (quota ca. 380 m slm).
4 Affioramenti di travertino sotto al sentiero, in sponda sinistra idrografica, visibili dal lato destro del ponte, ma difficilmente raggiungibili in quanto ubicati su pareti verticali alte oltre 10 m.

C Zona dell'**ex cava della Scaglia**: l'area è ubicata a ovest del cementificio ex-Saceba, nel settore centrale del Parco, a quota di ca. 300 m slm. L'attività estrattiva, iniziata negli anni 1960 e terminata da tempo, ha intagliato il pendio creando un dosso dalla forma caratteristica, con una parete verticale verso la Breggia e un piano di cava orizzontale. Gli affioramenti si trovano:

1 Affioramento a N del piano di cava, lungo il sentiero fra l'ex frantoio e la cava medesima.
2 Affioramento a SW del dosso, a monte del sentiero verso Caslaccio.

D Zona del **Mulino del Ghitello** e **frana di Ligrignano**. Affioramento a quota 270 m slm, in corrispondenza del lato settentrionale dell'area di dissesto.

A – Alveo della Breggia
Grosso affioramento in sponda destra del tor-

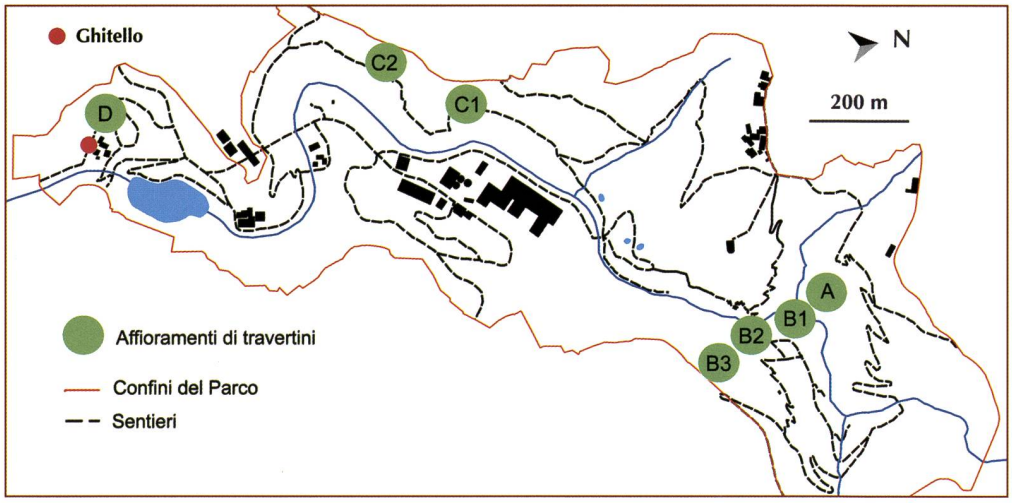


Fig. 4 – Ubicazione degli affioramenti di travertini nel Parco.

rente in corrispondenza di una serie di cascate allo sbocco della Val da Bicc sulla Breggia medesima.
La formazione dei depositi è avvenuta direttamente sulla roccia appartenente alla serie dei calcari marnosi, in posizione stratigrafica poco discosta dalla formazione dell'Ammonitico Rosso. La confluenza fra la Valle di Bicc, situata in sponda destra della Breggia, e il corso d'acqua principale coincide con uno scalino morfologico alto ca. 30 m. I travertini ricoprono parzialmente la parete verticale superiore, alta 10 m, quella inferiore alta 5 m, formando accumuli con spessore fino a 1.5 m.
Sono presenti travertini massivi e incrostazioni cilindriche. I travertini sono porosi e ben cementati. L'edificio è attivo in formazione.

B – Punt dal Farügin - area B1
Si tratta di un affioramento di notevole interesse naturalistico, lungo 10 m e alto 6 m, situato a SE del ponte, a monte del sentiero a quota ca. 340 m slm, su un ripido pendio ricoperto da bosco con castagni e a carpinella.
Nel settore sono ben individuabili gli strati di calcare marnoso che formano la parete sulla quale è avvenuta la pietrificazione; in particolare si distingue chiaramente il limite tra i depositi alluvionali di superficie e le argille ocra, in corrispondenza dell'allineamento delle sorgenti.
I travertini ricoprono una parete subverticale, formando al centro dell'area una cascata larga 3 m e alta 2 m. Alla base della parete si trovano depositi alluvionali e di versante ricoperti da concrezioni travertinizzate. Sono presenti travertini massivi e incrostazioni cilindriche. I travertini sono porosi, da poco a ben cementati. L'edificio è attivo in formazione.
L'area è soggetta ad erosione e piccoli movimenti franosi in occasione di eventi meteorici intensi. Inoltre i detriti di versante provenienti dai lati ricoprono le concrezioni presenti alla base dell'affioramento.

Il meccanismo geochimico di formazione è il seguente: le acque, mineralizzate per lisciviazione dei clasti carbonatici, si infiltrano nei pianori soprastanti fino a incontrare il limite impermeabile, costituito da uno strato di argilla ocra con giacitura suborizzontale. Le acque affioranti in corrispondenza di una incisione valliva che seziona il limite, creano una serie di sorgenti pietrificanti alla quale sono associati i travertini.

B – Punt dal Farügin - area B2
L'area in oggetto si trova a nord dell'area 1 e praticamente in continuità con essa sul versante orientato nord-sud; L'affioramento è situato a NE del ponte, lungo il sentiero, intorno a quota 330 m slm (Geostop no. 9) alla base di un pendio ricoperto da bosco con castagni e a carpinella.
I travertini costituiscono una parete subverticale lunga circa 25 m e con altezza massima di 8 m. Verso N sono presenti forme attive mentre più a S (verso il ponte) si trovano travertini fossili. Sono molto diffusi travertini massivi e qualche incrostazione cilindrica.
L'area si presenta stabile senza fenomeni geomorfologici attivi evidenti.
I travertini dell'area in oggetto hanno un discreto valore naturalistico. In particolare sono presenti travertini fossili caratterizzati da parecchie cavità e incrostazioni.
Le condizioni idrogeologiche sono simili a quelle dell'adiacente area **B1**, con infiltrazione e mineralizzazione delle acque meteoriche nei depositi superficiali e successiva risorgenza al disopra della soglia impermeabile costituita da argille.

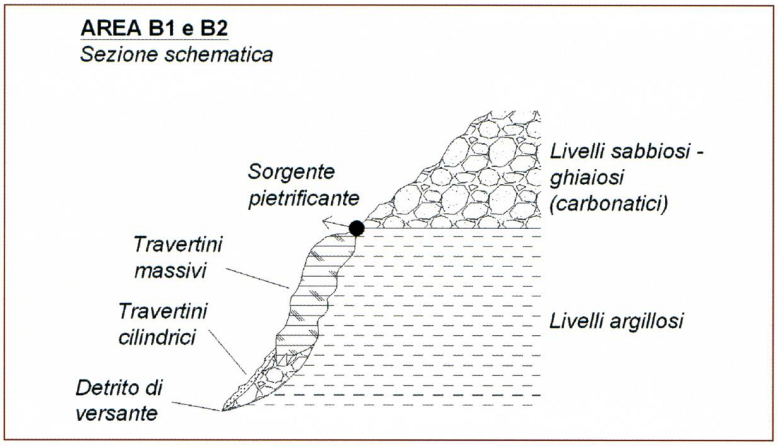


Fig. 5 - Sezione schematica relativa agli affioramenti delle aree B1 e B2 (Punt dal Farügin).

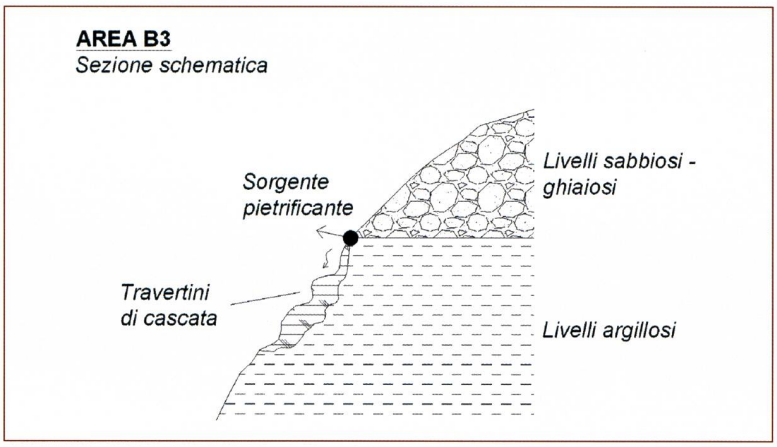


Fig. 6 - Sezione schematica relativa all'affioramento dell'area B3 (Punt dal Farügin).

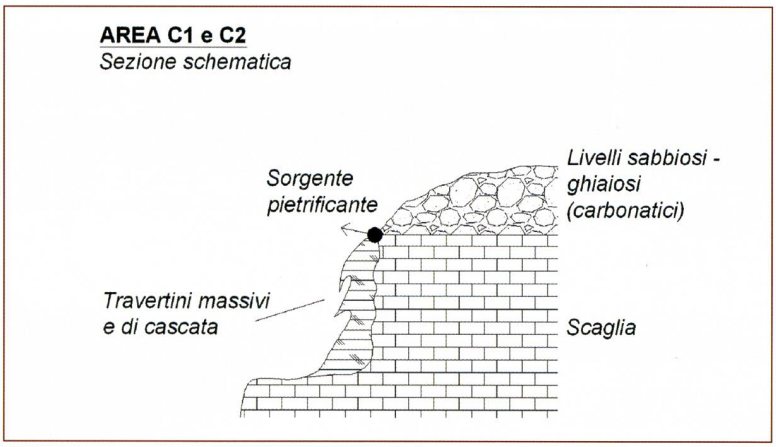


Fig. 7 - Sezione schematica relativa agli affioramenti delle aree C1 e C2 (Ex cava della Scaglia).

Fig. 8 – Affioramenti di travertino nell'alveo della Breggia.

Fig. 9 (in alto a destra) – Dettagli dell'affioramento.

Fig. 10 – Affioramento di travertini presso il ponte del Farügin, sponda sinistra della Breggia.

Le venute d'acqua sono più abbondanti nel settore nord e si riducono fino ad annullarsi verso il ponte.

B – Punt dal Farügin - area B3

Affioramento situato a SE del ponte, lungo il canalone della frana di Morbio Superiore, a quota 380 ms.m.. Il pendio, molto ripido e instabile, è solo parzialmente coperto da bosco con castagni e a carpinella.

Anche se di estensione ridotta, l'affioramento presenta travertini di discreto valore naturalistico. L'area travertinizzata si estende su una parete quasi verticale per 4 m in larghezza e per 4 m in altezza al centro di un canalone in frana. Sono individuabili travertini a cascata e incrostazioni in corrispondenza della piccola incisione creata dallo scorrimento delle acque al centro dell'area, oltre a qualche incrostazione cilindrica.
La risorgenza delle acque avviene al di sopra di uno strato a maggiore contenuto argilloso suborizzontale che funge da impermeabile relativo. Le acque mineralizzate danno luogo successivamente alla formazione dei travertini.
La portata della sorgente, minima in assenza di ricarica, varia tra meno di 0.3 l/s fino ad alcuni litri al secondo durante periodi piovosi.
La posizione dell'affioramento rende il luogo soggetto a franamenti piuttosto frequenti anche in condizioni meteorologiche non particolarmente avverse. I travertini sono quindi soggetti a erosione e/o seppellimento a opera dei detriti di frana.

C – Ex-cava della Scaglia - area C1

Affioramento lungo il sentiero, a N del piano di coltivazione. Quest'area è inclusa nel piano di indagine e nel futuro progetto di gestione promosso dalla Fondazione, relativamente ai biotopi umidi del Parco. A monte delle sorgenti è presente un'area boschiva.
I travertini di quest'area, che presentano un discreto valore naturalistico, ricoprono una superficie molto estesa. L'affioramento si sviluppa parallelamente al sentiero per circa 70 m in lunghezza su di una parete subverticale alta circa 6 m costituita da Scaglia.
I travertini si sviluppano a cascata ricoprendo il substrato. Sono individuabili alcune

incrostazioni cilindriche. L'area si presenta piuttosto stabile dal punto di vista morfologico anche se localmente il substrato roccioso è soggetto a crolli, come quello verificatosi nell'inverno 2005.
Parte delle acque meteoriche si infiltra nei depositi alluvionali di superficie; anche in questo caso le acque si mineralizzano per lisciviazione dei clasti carbonatici. Il flusso verticale è limitato dalla presenza del substrato roccioso, costituito dalla Scaglia, che crea un limite impermeabile sul quale scorrono le acque che alimentano le sorgenti travertinizzanti di tutta quest'area. Le singole portate non sono misurabili, ma la portata complessiva è di alcuni litri al secondo.

C – Ex cava della Scaglia - area C2
Affioramento a SW del sentiero verso Caslaccio. A monte delle sorgenti è presente un'area boschiva.
I travertini affiorano in più punti su un versante molto pendente (circa 45°) costituito da Scaglia ricoperta da un lieve strato di depositi superficiali. L'area di interesse si estende lungo 20 m di sentiero per un'altezza di 7 m. Si vengono a creare perlopiù cascate e ammassi in rilievo, con incrostazioni anche di notevole dimensione.
L'area si presenta stabile senza fenomeni geomorfologici attivi evidenti.
Parte delle acque meteoriche si infiltra nei depositi alluvionali di superficie, dove si mineralizzano lisciviando i clasti carbonatici. Anche in questo settore il flusso verticale è limitato dalla presenza del substrato roccioso, costituito dalla Scaglia, ricoperto da depositi di superficie di spessore limitato. La Scaglia crea una superficie impermeabile sulla quale scorrono le acque che alimentano le sorgenti travertinizzanti dell'area in oggetto.
Le venute d'acqua sono distribuite in più punti con portate molto basse, stimate in genere in circa 0.1l/s.
Più che nelle altre aree, nel settore in oggetto i travertini sono posizionati vicini al sentiero di passaggio: questo li espone maggiormente al rischio di deterioramento causato da disattenzione e incuranza del pubblico.

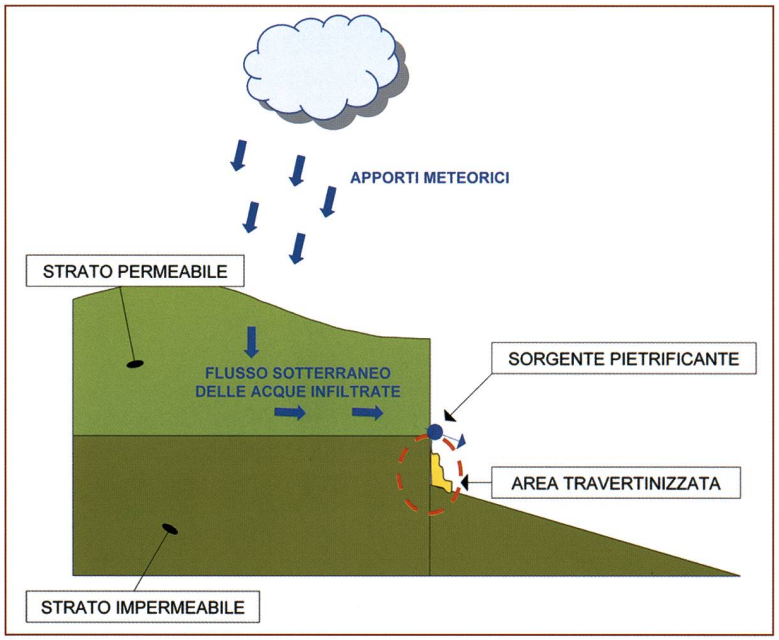
D – Frana di Ligrignano
Affioramenti in corrispondenza della fascia media-inferiore e di quella media-superiore della frana di Ligrignano. Il travertino si forma in corrispondenza delle risorgenze presenti fra la roccia e i sedimenti glaciali e a valle delle sorgenti affioranti in corrispondenza delle sabbie nella parte media-superiore dell'area di dissesto. L'affioramento inferiore, esteso per ca. 10 m e alto 3 m, è caratterizzato da uno spessore inferiore a 30 cm, quello superiore ha un'estensione di pochi metri quadrati e presenta uno spessore decimetrico.
I travertini si sviluppano a cascata ricoprendo il substrato. Sono individuabili alcune incrostazioni cilindriche.I travertini a quota infe-

Fig. 11 – Affioramenti di travertino presso la ex cava di scaglia (C2).

Fig. 12 – Affioramenti di travertino alla frana di Ligrignano (D).

riore si trovano in una posizione relativamente stabile, mentre quelli superiori sono soggetti a danneggiamento causato dai continui franamenti che caratterizzano le sabbie. Le risorgenze sono alimentate da infiltrazione meteorica che percola dai depositi alluvionali di superficie, mineralizzandosi per lisciviazione dei clasti carbonatici. Il flusso verticale è limitato dall'interfaccia fra sabbie e sedimento glaciale (travertini superiori) e dal substrato roccioso, costituito dalla Scaglia (travertini inferiori).

Fig. 13 – Schema idrogeologico relativo alla formazione di travertini in condizioni di limite di permeabilità.



AMBITO IDROGEOLOGICO

Lo sviluppo dei travertini nel Parco della Breggia è riconducibile ad un meccanismo idrogeologico relativamente semplice e comune a tutte le aree. Il ciclo è innescato dall'infiltrazione di parte delle acque meteoriche nei terreni superficiali permeabili, che percolano verticalmente fino all'incontro con il substrato roccioso o con strati a prevalenza di sedimenti più fini, caratterizzati da permeabilità verticale ridotta. I depositi di copertura permeabili, con giacitura suborizzontale, sono costituiti in genere da ghiaie e sabbie o conglomerati e arenarie a cemento carbonatico («Ceppo») e da sabbie mediofini di colore beige con qualche livello a ciottoli centimetrici-decimetrici, arrotondati ed eterogenei, con scarsa matrice sabbiosa.
A questi strati si alternano livelli maggiormente argillosi, di colore ocra, che rappresentano orizzonti impermeabili. Il limite inferiore impermeabile è rappresentato in genere dal substrato roccioso o dai livelli argillosi dell'unità sottostante al Ceppo («Argille di Vivirolo»?).

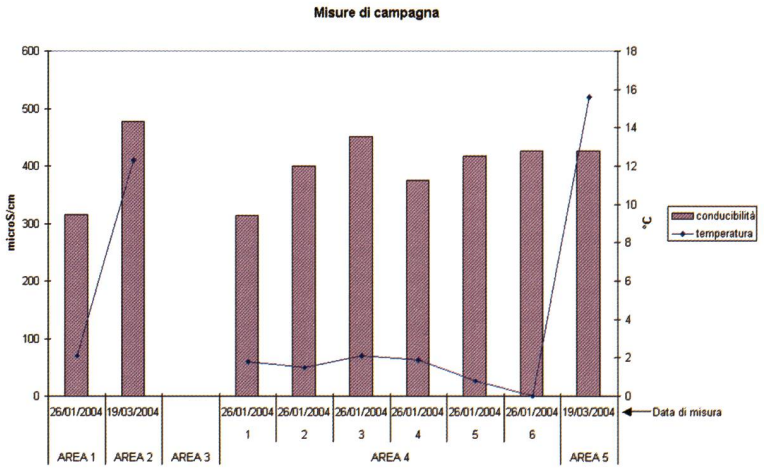
La mineralizzazione delle acque di infiltrazione avviene per lisciviazione dei depositi clastici grossolani ricchi di ciottoli carbonatici. La venuta a giorno delle acque sotterranee si verifica in corrispondenza del contatto fra depositi superficiali e limite impermeabile, generando fronti sorgivi allineati, con singole emergenze di portata ridotta. I travertini si formano in corrispondenza di queste sorgenti, con un'estensione verso valle di qualche decina di metri.

Al fine di descrivere gli ambienti e i meccanismi di formazione dei travertini del Parco della Breggia, sono stati misurati in sito due parametri chimico-fisici ritenuti significativi, ovvero la temperatura e la conducibilità elettrica specifica delle acque, direttamente proporzionale alla mineralizzazione. I dati ottenuti sono riportati nella tabella seguente e rappresentati nella figura 14.

Punto misura	Conducibilità (µS/cm)	Temperatura (°C)
A1	350-450	1-12
B1	315-350	2-8
B2	450-500	2-12
B3	340-400	8-10
C1	314-450	(inverno) 0-2
		(estate) 10-12
C2	400-450	2-15
D (*)		390 - 470
D (**)		600 - 660

(*) Sorgenti nelle sabbie
(**) Sorgenti al contatto fra scaglie e copertura glaciale

Fig. 14 – Confronto tra conducibilità elettrica specifica e temperature.



Le misure indicano che si tratta di acque medio-minerali con valori di conducibilità elettrica specifica compresi fra 300 e 500 µS/cm. La temperatura delle acque presenta forte variabilità stagionale: durante la campagna di gennaio 2004 i valori erano compresi tra 0 e 2°C mentre a marzo oscillavano intorno ai 14°C. Da questi dati si deduce comunque che le acque delle sorgenti in questione hanno un percorso sotterraneo limitato, risentendo in modo significativo delle variazioni stagionali.
I parametri fisici delle sorgenti in corrispon-

Gestione dei travertini, *di Alessandro Uggeri*

La gestione efficace di questi particolari tipi di roccia richiede l'individuazione delle possibili minacce a cui sono sottoposti i travertini. Le minacce individuate sono così riassumibili:

- deterioramento della qualità delle acque
- seppellimento
- erosione o crollo degli affioramenti
- impatto antropico diretto (per esempio calpestìo).

Lo specchietto riassume gli affioramenti interessati dai vari rischi.

Rischio	*Motivo*	*Punti*	*Provvedimenti*
Deterioramento della qualità delle acque	La variazione di chimismo potrebbe interrompere la reazione di precipitazione del carbonato di calcio.	Tutti	• Monitoraggio annuale delle caratteristiche idrochimiche, con misure di campo e analisi di laboratorio su campioni prelevati • Delimitazione delle aree di ricarica delle sorgenti per impedire la contaminazione della falda • Divieto di interventi antropici (attivazione di nuovi scarichi, opere di drenaggio ecc.) in grado di modificare il chimismo delle acque nelle zone di ricarica.
Seppellimento	Il trasporto solido potrebbe seppellire gli ammassi di travertino esistenti.	B1-2 C2	• Valutare la possibilità di realizzare opere che riducano il trasporto solido e l'erosione, come briglie, fascinate, palizzate semplici, realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica che ben si inseriscono nel parco, preservandone la valenza ambientale
Erosione	Le aree travertinizzate interessate da erosione si trovano lungo una incisione valliva con pendenze estremamente elevate dove i sedimenti sono sottoposti a erosione soprattutto in corrispondenza di piogge intense.	B1 B3	
Crollo	I travertini si formano su una parete subverticale, costituita da Scaglia, soggetta a frane da crollo; queste sono specialmente legate a fenomeni di gelo e disgelo, essendo molto fitto lo scorrimento delle acque nelle fratture delle rocce.	C1	• Non si ritiene opportuno intervenire sul drenaggio delle acque, poiché l'intervento potrebbe compromettere le condizioni ambientali per la formazione dei travertini. Le aree interessate da crolli risultano abbastanza limitate e pertanto non pregiudicano l'affioramento nella sua globalità.
Calpestìo	L'interesse per i travertini potrebbe comportare un aumento di passaggio nelle aree in oggetto, che, senza le dovute attenzioni, rischia di danneggiare le aree di affioramento.	B2 C1-2	• Creazione di idonei percorsi attrezzati eventualmente con passerelle e parapetti nei punti opportuni.

Le politiche gestionali sopra delineate sono così sintetizzabili:

- avvio di un monitoraggio annuale delle caratteristiche idrochimiche e dello stato morfologico degli ammassi e delle aree immediatamente a monte
- la delimitazione delle aree di ricarica delle sorgenti
- istituzione di divieto di scarico di acque reflue e chiare nelle aree di ricarica
- realizzazione di opere di ingegneria naturalistica in caso di riconoscimento di fenomeni erosivi o gravitativi tali da compromettere la funzionalità del sistema deposizionale
- realizzazione di tragitti, con passerelle e protezioni nei luoghi più delicati, che consentano una agevole osservazione dei travertini.

denza della frana di Ligrignano sono stati misurati a più riprese fra il 1974 e il 2005, alla base del dissesto e in corrispondenza delle singole risorgenze. La conducibilità elettrica specifica delle sorgenti in corrispondenza delle sabbia varia fra 390 e 470 µS/cm, mentre quella dell'acqua che fuoriesce al contatto fra sedimento glaciale e Scaglia varia fra 600 e 660 µS/cm. Le differenze sono dovute al maggiore tempo di permanenza dell'acqua nel terreno. La temperatura varia fra 10 e 15°C, con differenze di 1-2°C fra la temperatura dell'acqua nelle sabbie (più calda) e quella sopra la Scaglia. Le singole portate non sono misurabili, ma la portata complessiva varia fra 20 e 120 l/min (2003).

CONCLUSIONI

All'interno del Parco delle Gole della Breggia sono presenti corpi di travertino di considerevole superficie, variabile tra i 60 e 400 mq, ad eccezione dell'area **B3** (16 mq). I corpi si sviluppano in genere su pareti a forte pendenza, dando luogo ad ammassi in rilievo, colate o cascate di travertino. Si tratta in genere di travertini attivi, edificati in un' unica fase. Gli spessori dei corpi travertinosi, per quanto verificabile, sono in genere pluridecimetrici, ma non sembrano mai superiori a 1 m. Tali misure, considerando l'elevata velocità di accrescimento (stimata in mm/anno in base ai dati di letteratura) sembrano indicare un inizio della travertinizzazione relativamente recente, sicuramente Olocenico. L'avvio del fenomeno di travertinizzazione è certamente legato a condizioni climatiche favorevoli (calde). L'assenza di corpi più spessi e più antichi viene messo in relazione alla dinamica di versante, piuttosto attiva, che determina fenomeni di erosione e di seppellimento dei travertini.
Gli affioramenti di travertino sono inoltre in stretta associazione con alcune specie di briofite, suggerendo come queste possano influire positivamente sul meccanismo di deposizione.
Gli edifici sono attivi e in accrescimento, con travertini porosi a diverso grado di cementazione; solo in un settore dell'area **B2** sono presenti forme fossili.

Fig. 15 – Afioramento di travertino in associazione a specie di briofite.

Bibliografia

Bini A., Felber M., Pomicino N. e Zuccoli L. 2001. *Geologia del Mendrisiotto (Canton Ticino, Svizzera) Messiniano, Pliocene e Quaternario.* Rapporti dell'UFAEG, Serie Geologia n.1, Berna.

Brown D.H. 1982. *Mineral nutrition.* In «Briophyte Ecology» (Smith A.J.E., ed.): 383-444. Chapman and Hall, London - New York.

Casanova J. 1981. *Morphologie et biolitogenese des barrages de travertine.* Actes du colloque de l'A.G.F., Paris, 9/5/1981.

Charrier G. 1952. *Muschio calcarizzato raccolto nel vallone di Serralunga, a sud-est della Basilica di Superga (Colli torinesi).* Nuovo giornale botanico italiano 59: 571-573.

Charrier G. 1953. *Nuove osservazioni sui muschi calcarizzati.* Nuovo giornale botanico italiano 60: 937-940.

Charrier G. 1960. *Muschi calcarizzati. Nota III: Travertino di muschio raccolto in territorio di Almese, Val di Susa (Prov. di Torino).* Nuovo giornale botanico italiano 67: 263-264.

Charrier G. 1963. *Muschi calcarizzati. Nota IV: Muschi calcarizzati dell'alta Val Germanasca (Alpi Cozie).* Nuovo giornale botanico italiano 70: 668-669.

Gimeno-Colera C. y Puche-Pinazo F. 1999. *Flora y vegetacion briofitica higro-hidrofila de la comunidad Valenciana (Este de Espana).* Cryptogamie, Briologie 20: 49-68.

Proctor M.C.F. 1982. *Physiological ecology: water relations, light and temperature responses, carbon balance.* «In Bryophyte Ecology» (Smith A.J.E., ed): 333-381. Chapman and Hall, London - New York.

Stockar R. 2003. *Parco delle Gole della Breggia - Guida geologica,* Parco delle Gole della Breggia, Morbio Inferiore.

Tosi G., Cerabolini B., Brusa G. and Raimondi B. 2003. *Progetto life natura chirotteri, habitat calcarei e sorgenti petrificanti nel parco del Campo dei Fiori. Indagini floristico-vegetazionali. Sorgenti petrificanti.* Relazione intermedia 15/01/2003. Non pubblicato.

Vanderpoorten A. and Klein J.P. 1999. *Variations of aquatic bryophyte assemblages in the Rhine Rift relates to water quality. 2. The waterfalls of the Vosges and the Black Forest.* Journal of Bryology 21: 109-115.

Immagini

F. Spinedi fig. 1, F. Gianola figg. 2-3, 8-12 e 15, Autori figg. 4-7, 13 e 14.