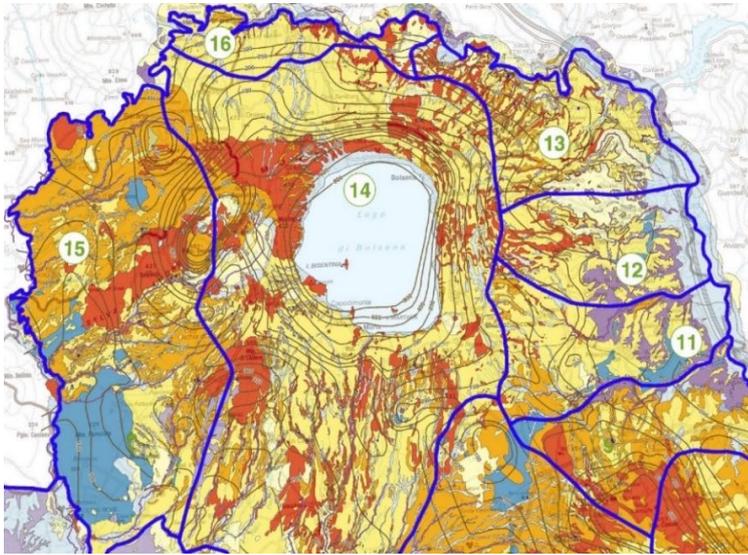


# Il SIC/ZSC Lago di Bolsena

Milena Bruno, Piero Bruni, Roberto Mazza, Giuseppe Pagano



L'idrogeologia del dominio vulcanico laziale è stata studiata in modo approfondito dall'Università "Roma Tre" (Capelli, et alii, 2005). L'illustrazione a lato è stata tratta da tali studi. Il sistema idrogeologico dei Monti Vulsini è stato suddiviso in sei sottobacini fra i quali al centro si trova il bacino del Lago di Bolsena e del suo emissario. Tale sistema alimenta una superficie complessiva irrigata di circa 300 Km<sup>2</sup>, con un prelievo medio pari a 1.763 l/s e una capacità irrigua di circa 1.850 m<sup>3</sup>/ha per anno.

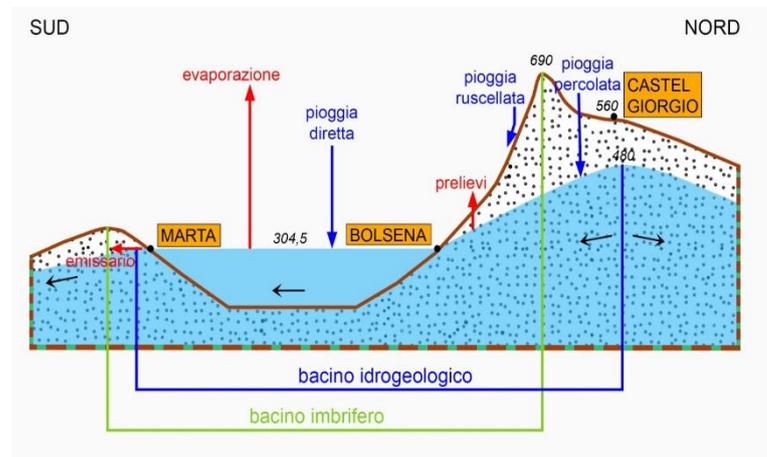
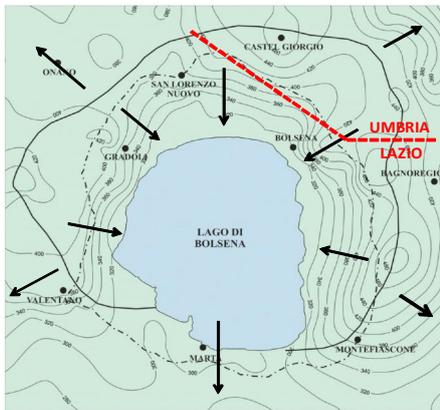
L'approvvigionamento idrico dipende quasi totalmente dall'acquifero vulcanico ed il prelievo a scopo potabile è di 1.354 l/s. Lo sfruttamento complessivo dell'acquifero è stato calcolato pari a 3.221 l/s, corrispondenti al 25,3% della ricarica naturale (infiltrazione efficace media annua) dell'intero sistema idrogeologico. La suddivisione in bacini mostra come il territorio umbro, interessando l'Altopiano dell'Alfina con i comuni di Castel Giorgio, Orvieto e Porano, influenzi la falda del lago in significativa percentuale (bacino idrogeologico N° 13).

<b>Sistema Idrogeologico dei Monti Vulsini</b>					
Superficie 1733 km <sup>2</sup>	Prelievi/Inf. Eff. 25,2%	mm/anno	l/s	Mm <sup>3</sup> /anno	% di P
Precipitazione*		714	39.246	1.238	100,0
Evapotraspirazione		397	20.361	642	55,9
Ruscellamento		64	3.304	104	9,1
Infiltrazione efficace		249	12.763	403	35,0
Deflusso di base in alveo misurato		97	4.958	156	13,6
Prelievi per usi agricoli		34	1.763	56	4,8
Prelievi per usi industriali		2	104	3	0,3
Prelievi da pozzi per acquedotti		26	1.354	43	3,7
<b>Totale prelievi</b>		<b>63</b>	<b>3.221</b>	<b>102</b>	<b>8,8</b>
<b>Ripartizione delle risorse idriche per i diversi usi</b>					
Tipologia d'uso			l/s	Mm <sup>3</sup> /anno	
Acque riservate per usi idropotabili pubblici			1.354	43	
Acque riservate per il mantenimento del deflusso naturale			9.004	284	
Volume massimo che può essere concesso per l'insieme degli usi domestici, agricoli e industriali			2.405	76	

\* Comprensivo di 88,9 Mm<sup>3</sup>/anno di afflussi sui laghi

Nel 1998 la Provincia di Viterbo ha promosso uno studio approfondito sul bacino del Lago di Bolsena, (Pagano G. Menghini A. & Floris S.: Bilancio Idrogeologico del Bacino Vulsino, Studio di Tecnologie per la Geologia e l'Ambiente (S.Te.G.A.), Geologia Tecnica & Ambientale", n°3 – Luglio/Settembre 2000). Partendo da questi dati l'Associazione Lago di Bolsena ha elaborato una sezione semplificata del bacino idrogeologico per fini didattici e sta realizzando, a partire dall'anno 2000, monitoraggi fisico-chimici professionali in collaborazione con l'ex Istituto di Idrobiologia di Pallanza (VB) del CNR, ora Istituto di Ricerca sulle Acque, IRSA-CNR. (Mosello et alii: Long-term change in the trophic status and mixing regime of a deep volcanic lake (Lake Bolsena, Central Italy), Limnologica, volume 72, settembre 2018, pagine 1-9).

Quanto precede si riferisce all'area dei Monti Vulsini, la cui superficie è di 1733 km<sup>2</sup>, mentre le illustrazioni che seguono rappresentano schematicamente il Lago di Bolsena e il suo il bacino di raccolta delle piogge, la cui superficie è di 342 km<sup>2</sup>. Il perimetro delimitato dalla linea intera è detto bacino idrogeologico. La parte delle acque piovane che cadono al suo esterno alimenta altri bacini (Tevere, Fiora, ecc.). La linea tratto-punto indica il bacino imbrifero così come delimitato dallo spartiacque all'interno del quale le acque piovane ruscellano verso il lago. Sul versante sud il bacino imbrifero è in piccola parte esterno rispetto al bacino idrogeologico.



Come illustrato nella sezione del bacino, il lago è la parte a pelo libero di un grande acquifero, utilizzato per alimentare le reti potabili e irrigue dell'area. Nella planimetria, le linee sottili, dette isopieze, indicano la quota alla quale si trova la sottostante falda acquifera. Il culmine della falda definisce uno spartiacque sotterraneo che divide i flussi idrogeologici verso il lago da quelli verso il bacino del Tevere. Nella sezione le frecce indicano la quantità di acqua in entrata e in uscita; la loro lunghezza è proporzionale alle quantità. Le frecce blu indicano le entrate di acque piovane: di queste, una parte alimenta direttamente il lago, una parte scende lungo i fossi nel bacino imbrifero, mentre una parte, al netto dell'evapotraspirazione al suolo, percola attraverso le vulcaniti raggiungendo la falda sottostante e da questa il lago per vie ipogee. Le frecce rosse indicano le uscite: una grande parte è costituita dall'evaporazione dallo specchio lacustre ed una parte dai prelievi degli oltre 1000 pozzi per uso idropotabile e irriguo, causa questi ultimi del dimezzamento della portata originaria dell'emissario. L'acqua in surplus dal bilancio idrico defluisce dall'emissario la cui portata media su base pluriennale, è 0,9 m<sup>3</sup>/sec. Questa media è fuorviante. Infatti in inverno le piogge abbondano, mentre scarseggia l'evaporazione: di conseguenza il livello del lago aumenta.

In estate la pioggia scarseggia, mentre aumenta l'evaporazione: l'effetto è che il livello estivo del lago scende incontrollato. Ma questo è il periodo in cui sono richiesti i massimi prelievi irrigui e idropotabili; per conseguenza il deflusso estivo dell'emissario è frequentemente inferiore a 0,5 m<sup>3</sup>/sec, valore stimato di deflusso minimo vitale (DMV) per l'emissario Marta. Siamo quindi in presenza di una evidente emergenza quantitativa, malgrado il lago contenga moltissima acqua. Ogni consumo addizionale, potabile o irriguo, all'interno del bacino idrogeologico, non è sostenibile perché comporta un consumo che supera la ricarica.

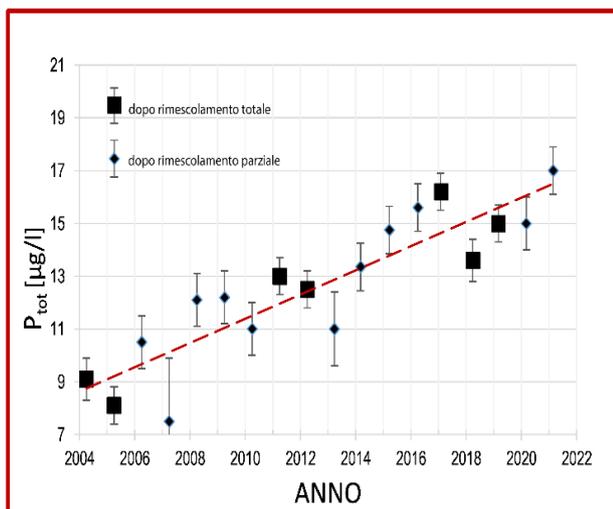
Il tempo di ricambio delle acque è il tempo che l'emissario impiegherebbe per far defluire un volume di acqua corrispondente a quello del lago. Il tempo di ricambio del Lago di Bolsena era stato stimato nel 1960 in 120 anni, ma da quando sono iniziati i prelievi idrici, la portata dell'emissario è dimezzata e per conseguenza il tempo di ricambio è aumentato a 250-300 anni, anche per la diminuzione delle piogge medie annue. A causa del lungo tempo di ricambio il Lago di Bolsena è classificato "area sensibile e vulnerabile". Inquinanti e nutrienti che entrano nel lago, di fatto, permangono per tempi assai lunghi a causa dell'irrelevante portata dell'emissario. Le condizioni asfittiche tenderebbero a

prevalere se non fosse presente una efficiente biocenosi, capace entro certi limiti di elaborare, abbattere e sedimentare sul fondale gli eccessi di svariati agenti chimici corrivati o drenati nel lago.

Le acque del lago seguono due cicli annuali fondamentali per la sua ecologia: quello del rimescolamento e quello della stratificazione. Il primo avviene in febbraio o marzo quando l'intera massa d'acqua raggiunge l'omeotermia a circa 8°C. In questa situazione, i forti venti freddi provenienti dal nord rimescolano il lago e trasferiscono verso il fondo gli strati d'acqua superficiali e ricchi di ossigeno. Successivamente inizia la stagione della stratificazione termica con l'instaurarsi di uno strato di termocline, che separa la massa di rimescolamento delle acque superficiali, più calde e meno dense, da quella sottostante più fredda e densa, impedendo di fatto i rimescolamenti profondi. Questa fase dura approssimativamente fino al termine dell'anno limnologico, determinando conseguenze idrobiologiche rilevanti. La biomassa prodotta in abbondanza nella zona eufotica normalmente presente al di sopra del termocline, morendo si deposita sul fondale sotto forma di detrito organico ricco di nutrienti, generando così le condizioni per il preoccupante fenomeno dell'eutrofizzazione.

L'eutrofizzazione è un processo degenerativo del corpo d'acqua, causato dall'eccessiva presenza di sostanze nutritive, quali azoto e fosforo, per gli organismi autotrofi (foto e/o chemiosintetici). Nel Lago di Bolsena è in particolare il fosforo che determina la quantità di biomassa algale e, attraverso le reti trofiche, quella animale. Le spoglie animali e vegetali, durante la loro discesa e sedimentazione, vengono demolite da processi aerobi. Tuttavia, se la biomassa di detrito è sproporzionata rispetto all'ossigeno presente nelle acque, questo esaurisce rapidamente per gli elevati valori di domanda biologica (BOD), formando così uno strato anossico. Il processo di demolizione del detrito organico continua, in carenza di ossigeno disciolto, attraverso processi putrefattivi, che producono sostanze tossiche quali ammonio, idrogeno solforato e metano. La degradazione anaerobica del detrito è un processo lento, che contribuisce al perdurare di inospitali condizioni biologiche negli strati del lago soggetti al fenomeno.

La presenza dello strato anossico è molto grave perché il rimescolamento, nel trasferire al fondo gli strati ossigenati superficiali, necessariamente trasferisce in superficie gli strati che si trovano al fondo che, per quanto sopra indicato, contengono un carico di nutrienti non demolito. L'anossia



può inoltre causare la riduzione dell'ossido di fosforo precedentemente fissato al fondo in fosforo solubile. Questo costituisce un "carico interno" che, aggiungendosi al "carico esterno" proveniente dal bacino, accelera il processo di eutrofizzazione. In questo contesto critico sono essenziali i monitoraggi. Quelli con la sonda multiparametrica includono: temperatura, ossigeno disciolto e clorofilla (indicatrice dello sviluppo algale). Ai monitoraggi in situ con la sonda si aggiungono i prelievi di campioni d'acqua a varie profondità per determinare con analisi chimiche la concentrazione del fosforo totale. Il grafico a lato mostra l'aumento della

concentrazione del fosforo in quasi un ventennio, aumento che accompagna il processo di eutrofizzazione in atto e la formazione di uno strato anossico profondo.

Tali monitoraggi vengono sistematicamente effettuati in una stazione pelagica dove il lago è profondo 128 metri. Il 25 dicembre 2020, nel periodo di stratificazione, la sonda multiparametrica ha rilevato uno strato anossico di circa 9 metri. Il 25 febbraio 2021, durante il periodo di rimescolamento, le analisi chimiche effettuate dall'IRSA-CNR hanno rilevato una concentrazione di

17 µg/l di fosforo totale, mai raggiunta in precedenza. Alla citata emergenza quantitativa si aggiunge quindi l'emergenza qualitativa. Il declassamento dello stato ecologico SEL da "buono" a "sufficiente" è certificato dall'ARPA LAZIO.

I dati sopra riportati registrano lo stato del lago nel presente periodo di transizione: passaggio della gestione del sistema fognario dalla società COBALB alla TALETE; dall'agricoltura convenzionale alla strategia agroecologica perorata dai promotori del Biodistretto. In futuro, speriamo, potremo apprezzare i miglioramenti dovuti a questi cambiamenti ma, come è purtroppo ben noto, danni ambientali operati in periodi relativamente brevi (decadi) richiedono periodi di risanamento lunghissimi (secoli). Invertire la rotta è cosa urgentissima, dunque.

Altro esempio valido di monitoraggio è raffigurato nell'immagine satellitare di settembre 2019 (satelliti costellazione Sentinel 2 e 3, programma Copernicus, progetto Horizon 2020 "Cyanolakes"), che mostra con chiarezza fioriture fitoplanctoniche di media intensità vicino alle sponde settentrionali del lago, dove spesso sono state segnalate perdite fognarie nella zona pertinente ai Comuni di Grotte di Castro e Gradoli.

Una apprezzabile variazione di ortofosfati nelle stazioni centrali del lago viene effettivamente rilevata durante i mesi estivi (giugno-luglio). L'incremento dei valori di questo indice, lieve ma progressivo negli anni, vedrebbe proprio nel grande volume idrico del lago il peggiore ostacolo ad un risanamento rapido. Al contrario, il trend sotto monitoraggio è atteso innescare, oltre il mero aumento della biomassa algale, anche una competizione selettiva tra le specie fitoplanctoniche presenti, fino all'instaurarsi col tempo di popolamenti a cianobatteri. Questo si verificherebbe inizialmente in regioni acquatiche confacenti come baie e zone protette dai venti. Diverse specie di cianobatteri sono presenti nel fitoplancton del lago, ma non sono in grado al momento di prendere il sopravvento, come invece sembra essere successo nel vicino Lago di Mezzano (a lato, foto di Isabella Bordoni), probabile vittima in febbraio 2021 di una forte fioritura del cianobatterio *Planktothrix rubescens*, organismo tossico rosso presente anche nel Lago di Vico.



In conclusione, niente possiamo fare per aumentare l'intensità dei venti invernali che rimescolano e ossigenano il corpo d'acqua, e neppure possiamo aumentare la portata dell'emissario per smaltire parte dei nutrienti in arrivo. Per contrastare l'eutrofizzazione c'è un solo rimedio: ridurre l'apporto al lago di sostanze nutrienti per i vegetali, in particolare del fosforo, mentre si preservano le falde idriche e la portata dell'emissario Marta. L'istituzione del Biodistretto del Lago di Bolsena, attraverso l'auspicata conversione delle pratiche agricole da intensive a agroecologiche, comporterà una diminuzione del consumo di acqua e una riduzione dell'apporto di fosforo e azoto. Fondamentale, infine, anche la programmata ristrutturazione del sistema fognario.

Per quanto riguarda le misure finalizzate alla tutela del lago si fa riferimento al "*Piano di Gestione e Misure di Conservazione della ZPS IT 6010055 Lago di Bolsena e Isole Bisentina e Martana*" approvato dalla Provincia di Viterbo nell'anno 2009.

Lake Bolsena, Italy | 16 September 2019  
Sentinel-3A OLCI CyanoAlert MPH Ganz chi product

