



Associazione
Lago di Bolsena
Volontariato

Piero Bruni
**Stato Ecologico
del lago di Bolsena**
Anno 2015



Fondazione
Carivit

CNR
Istituto Studio
Ecosistemi

Provincia di
Viterbo

Premessa

La presente, essendo una relazione annuale, ripete necessariamente i concetti di base già illustrati nelle edizioni precedenti, ma i principali dati qualitativi e quantitativi sono aggiornati grazie ai continui monitoraggi effettuati dalla Associazione Lago di Bolsena. La principale finalità è di seguire lo stato ambientale del lago ed in particolare il trend della concentrazione del fosforo totale nel corpo d'acqua, che è un indicatore significativo dello suo stato ecologico. I monitoraggi tentano inoltre di individuare le cause dell'attuale degrado e suggerire provvedimenti correttivi.

L'Associazione Lago di Bolsena svolge una vasta attività didattica presso le scuole medie inferiori del comprensorio. Nella prima parte del presente opuscolo si riporta il testo delle dispense distribuite ai ragazzi differenziate secondo le classi. Quelle per le prime classi riguardano le emergenze geologiche; quelle per le seconde l'ecosistema lacustre e quelle per le terze la tutela del lago oltre a un supplemento dedicato al collettore circumlacuale. In esse sono riassunti in modo semplice i concetti minimi che dovrebbero essere noti a tutti i cittadini che vivono attorno al lago.

L'Associazione svolge infine una attività di opposizione al progetto di impianti geotermici attorno al lago che, se fossero autorizzati, comporterebbero un aumento del rischio di inquinamento da arsenico, sia nella falda potabile che nel lago.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi del CNR di Verbania Pallanza per la continua assistenza nell'esecuzione delle analisi chimiche dei campioni prelevati; la Provincia di Viterbo per avere messo a disposizione la propria sonda multiparametrica; l'idrogeologo Dott. Giuseppe Pagano e il limnologo Dott. Fabrizio Scialanca dell'Università della Tuscia per i consigli di propria competenza. Un sentito grazie ai docenti che hanno partecipato e incoraggiato l'educazione limnologica nelle loro scuole. Infine un particolare grazie alla Fondazione Carivit per il sostegno economico, senza il quale i monitoraggi del lago e l'educazione scolastica non sarebbero stati possibili.

Un riconoscimento va anche alla Comunità Europea che ha stabilito una adeguata normativa che se fosse seguita assicurerebbe la massima tutela del lago di Bolsena. Purtroppo non esiste un Lake Manager che coordini i vari interventi essendo le competenze suddivise fra la Regione Lazio, l'Agenzia Regionale per la difesa del Suolo (ARDIS), l'Agenzia regionale per la Difesa Ambientale (ARPA LAZIO), l'Ufficio Idrografico e Mareografico, l'Istituto Superiore della Sanità, i Sindaci ecc. Ultimamente si è aggiunta la Commissione per la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) del Ministero all'Ambiente che ha inopportuno espresso parere favorevole alla geotermia attorno al lago.

Indice

Dispense e attività didattica	3- 20
Geotermia	23 - 28
Monitoraggi quantitativi	29 - 30
Monitoraggi qualitativi	31 – 35
Conclusioni	36

Eventi dell'anno 2015

Inquinamento – Nel mese giugno Piero Bruni, Presidente dell'Associazione Lago di Bolsena, è stato convocato per una audizione a Bruxelles dalla Commissione per le Petizioni dove ha potuto esporre la situazione del lago di Bolsena. Ha ricordato che l'Europa ha iniziato una procedura d'infrazione contro l'Italia perché non ha stabilito le misure necessarie per ripristinare e conservare la salute del lago di Bolsena, come prescritto per le Zone Speciali di Conservazione (ZSC).

L'Italia rischia inoltre un'altra procedura di infrazione perché il lago di Bolsena avrebbe dovuto migliorare il proprio stato dal 2008 al 2015. Invece è gravemente peggiorato e saranno necessari drastici provvedimenti per riportare il contenuto di fosforo totale dagli attuali 15 µg/l a 8 - 10 µg/l come era nel 2008. Sono necessarie azioni efficaci e non quelle proposte dall'Italia (pesca alla carpa, ancore delle barche e regolazione delle paratie dell'emissario). Per evitare imbarazzanti procedure di infrazione ambientale bisogna anzitutto riparare e completare il sistema fognario esistente.

Durante tutto l'arco dell'anno scorso si sono succeduti piccoli e grandi sversamenti delle fognature nel Lago. Dopo le riparazioni l'Amministrazione tende a dimenticare, ma il lago non dimentica perché accumula negli anni gli effetti dei successivi sversamenti, piccoli e grandi, e li rende appunto misurabili sotto forma di concentrazione del fosforo totale. All'inizio del 2016 la Regione Lazio ha indetto la gara di appalto per il ripristino del collettore e del depuratore. Se tutto va bene i lavori potrebbero essere completati nella primavera del 2017. Manca al momento qualsiasi ipotesi per il completamento del collettore sul versante a ponente.

Geotermia - la situazione rimane incerta. Si ricorda che il permesso di ricerca geotermico si trova a cavallo delle Regioni Umbria e Lazio e che prevede due impianti "pilota" a media entalpia, uno a Castel Giorgio, in procinto di concludere l'iter autorizzativo, e il secondo a Torre Alfina la cui procedura è nella fase iniziale. Sono impianti che espongono a rischio di inquinamento con arsenico l'acquifero dal quale viene attinta l'acqua per uso potabile, oltre ad aumentare il rischio sismico. Il Governo ha già autorizzato l'impianto di Castel Giorgio per il quale si attende la convalida dalle due Regioni presso la Conferenza dei Servizi appositamente costituita.

Fino ad ora la Società che ha proposto gli impianti geotermici pilota sull'Alfina è stata avvantaggiata dal "fare" decisionista del Governo. Ora che il progetto è arrivato nelle mani delle Regioni Lazio ed Umbria, più responsabili e più vicine alle tematiche del proprio territorio, ci si renderà consapevoli che l'impianto di Castel Giorgio preleverebbe da sotto il bacino del Tevere in Umbria 1000 tonnellate all'ora di fluido geotermico, contenente centinaia di microgrammi per litro di arsenico, per riversarlo sotto il bacino idrogeologico del lago di Bolsena, mettendo a rischio di inquinamento il sovrastante acquifero.

Per ovvie ragioni di democratica trasparenza l'Associazione Lago di Bolsena ha chiesto alla Commissione Ambiente della Regione Lazio di convocare una audizione per ascoltare il parere dei Sindaci e delle Associazioni ambientaliste del comprensorio prima che la Regione Lazio dichiari il proprio SI o NO alla Conferenza dei Servizi.

Didattica – L'argomento è sviluppato nel testo che segue. Al momento non è possibile seguire gli 800 ragazzi delle scuole medie inferiori per cui si è pensato di costituire una rete di insegnanti volontari in pensione, uno o due per comune, ai quali l'associazione fornirebbe il materiale didattico sotto forma di depliant, immagini in power point e assistenza per uscite sul lago e a terra.

Occorrerebbe un modestissimo sostegno di 100 euro da parte di ciascuno degli 8 ogni comune del comprensorio ma solo i Comuni di Gradoli e di S. Lorenzo Nuovo hanno aderito. Rimane anche difficile trovare insegnanti volontari in pensione. Perseveriamo.



Formazione della conca lacustre e aspetti idrogeologici

In lontane epoche geologiche le nostre zone erano coperte dal mare. Emersero due milioni di anni fa e la loro origine marina è testimoniata dalle conchiglie fossili che si trovano ad esempio in alcuni terreni agricoli lungo i corsi d'acqua che vanno da Tuscania e Canino verso il mare.



Circa 600.000 anni fa, iniziò una fase di attività vulcanica durante la quale ingenti quantitativi di materiali vulcanici di depositarono sulle esistenti rocce emerse dal mare.



La parte centrale dell'apparato vulcanico sprofondò, formando la conca che ora contiene il lago di Bolsena.

Circa 600.000 anni fa, ebbe inizio un'intensa attività vulcanica di tipo esplosivo: numerosissimi crateri emisero poca lava e imponenti quantità di ceneri e lapilli, che coprono gli originari sedimenti marini per un raggio di oltre venti chilometri. Infatti i tufi, che sono rocce tenere formate da ceneri compattate, costituiscono la maggioranza delle rocce vulcaniche delle nostre zone.

L'emissione dei materiali vulcanici scavò una grande cavità sotterranea, detta **camera magmatica** che, sotto il peso dei materiali accumulatisi in superficie, crollò formando una conca, detta **caldera**, che si riempì di acqua piovana e diede origine al lago. Altre due caldere sono chiaramente visibili, una a Latera ed una sotto Montefiascone.

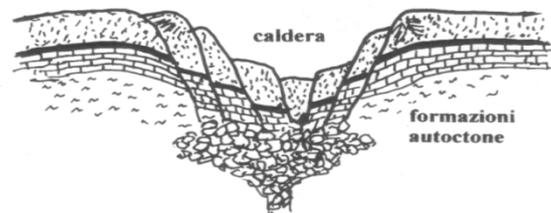
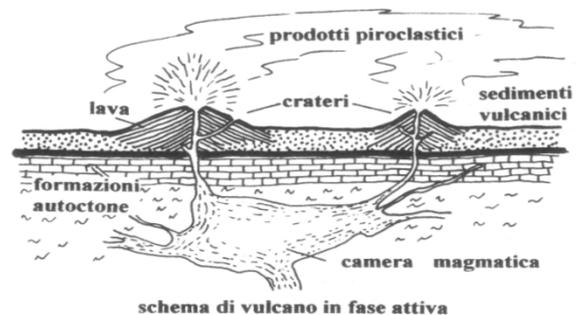
Osservando il panorama si vedono i resti di alcuni crateri vulcanici quali le due isole (Bisentina e Martana), Capodimonte, Monte Bisenzio, Montefiascone, ed altri.

Da tempi antichissimi le rocce vulcaniche sono state ampiamente usate nelle nostre zone: con il tufo sono stati costruiti interi paesi (siamo infatti nella civiltà del tufo).

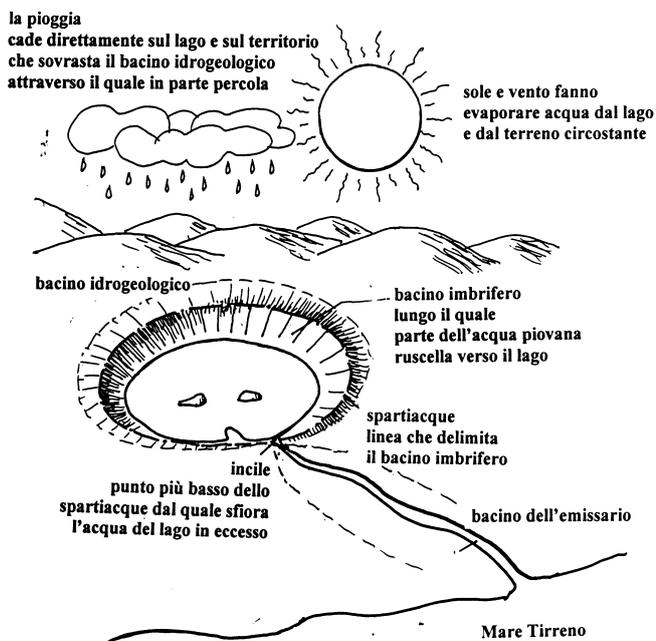
A Valentano è visibile una collina di lapilli rossi che in fase eruttiva erano spruzzi di lava che si è espansa e solidificata nell'aria dopo l'eruzione.

I lapilli vengono impiegati nell'edilizia come materiale leggero isolante; altre rocce sono il peperino, usato per costruire soglie e scalini e il nenfro che è una pietra scura e dura utilizzata dagli etruschi per le sculture.

La parte della caldera che contiene l'acqua del lago si chiama **conca**. Il lago ha una superficie di 114 km², la profondità massima di 151 metri e un volume di 9,2 km³. La zona in cui la pioggia raggiunge il lago per vie superficiali o sotterranee si chiama **bacino idrogeologico**. Si distinguono tre aree, il bacino idrogeologico che ha una superficie di 342 kmq, al suo interno si trova il **bacino imbrifero** detto anche idrografico di 271 kmq, al suo interno lo specchio lacustre di 114 Kmq.



crollo della camera magmatica e formazione della caldera



La pioggia che cade sul bacino idrogeologico in parte **percola** nel terreno e raggiunge il lago per vie sotterranee, in parte scorre in superficie nel **reticolo dei fossi** del bacino imbrifero e in parte cade sul lago.

Generalmente le conche lacustri dei laghi alpini sono formate da rocce impermeabili (granito) che delimitano nettamente il contorno del lago, dove termina l'acqua inizia la roccia. La conca del lago di Bolsena invece è formata da rocce **porose** e **permeabili** che delimitano lo specchio lacustre visibile, ma non delimitano l'acqua sotterranea, la quale, assieme al lago, costituisce un **acquifero** che si estende su tutta la superficie del bacino idrogeologico.

Nella carta idrogeologica che segue sono indicate delle linee dette **isopieze** che indicano a che quota rispetto al mare si trova l'acqua nel sottosuolo (s.l.m.). Le isopieze nei punti più alti superano la quota di 400 metri s.l.m. (da non confondere le isopieze con il livello del suolo). Il lago trovandosi a **quota 304 metri** è quindi la parte più bassa dell'acquifero. per cui l'acqua nella parte sotterranea dell'acquifero scende da tutto il bacino idrogeologico verso il lago.

Gran parte dell'acqua piovana caduta sul bacino idrogeologico subisce detrazioni lungo il percorso, Anzitutto l'evaporazione dal suolo e dalla piante, poi i prelievi per uso irriguo e potabile e infine l'evaporazione diretta dal lago. La parte restante defluisce attraverso il fiume emissario Marta e raggiunge il mare.

Lo **spartiacque** è la linea più alta del bacino imbrifero, cioè la linea perimetrale che corre in alto sulle colline, per cui le acque piovane che cadono oltre lo spartiacque non scendono superficialmente verso il lago ma vanno dalla parte opposta, rimanendo però nel bacino idrogeologico, da dove percolano verso il lago al netto dell'evaporazione.

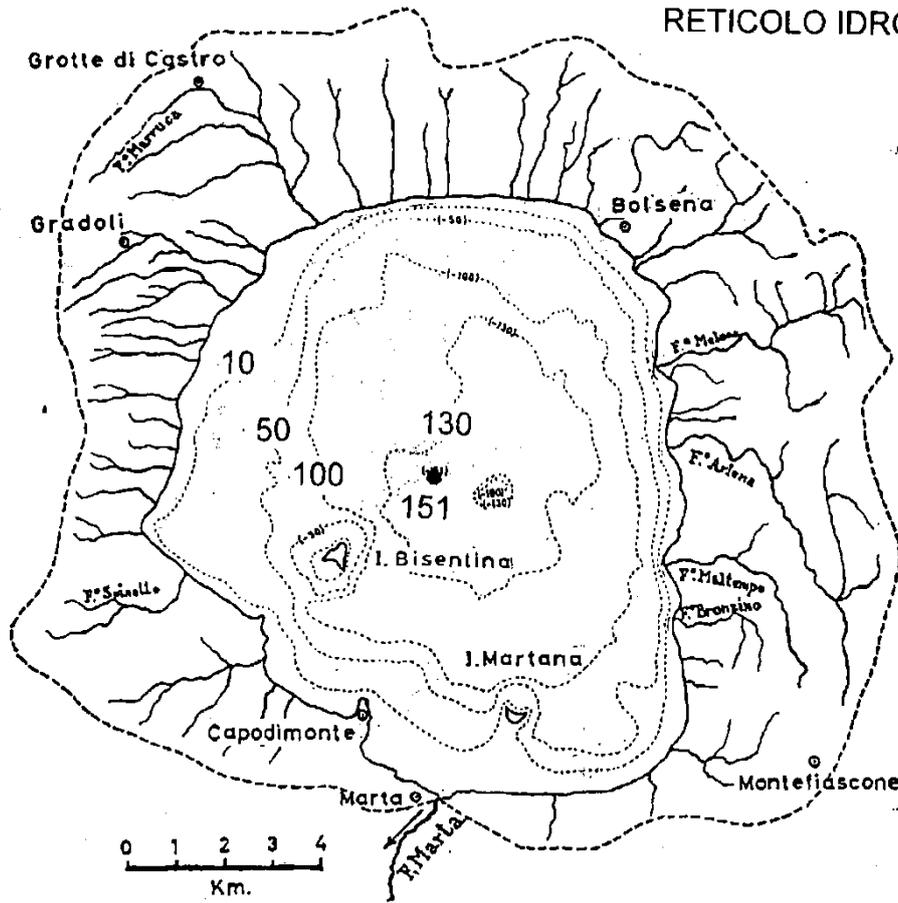
Il **tempo di ricambio** è il tempo teoricamente necessario che l'emissario impiegherebbe per far defluire l'intero volume d'acqua del lago. Il tempo di ricambio del nostro lago è molto lungo: in passato è stato valutato in 120 anni ma attualmente è più che raddoppiato a causa dei prelievi idrici che vengono effettuati con pozzi nel bacino idrogeologico. Risulta perciò irrilevante lo smaltimento attraverso l'emissario delle sostanze inquinanti che giungono al lago. Per questo motivo il nostro lago è un sistema ecologico vulnerabile.

Il bilancio idrologico è l'equazione che confronta le quantità di acqua in entrata e in uscita nel lago. In entrata abbiamo La **pioggia** che si misura in millimetri con uno strumento detto **pluviometro**. Alle nostre latitudini cadono un media 1000 mm/anno, ma è un parametro imprevedibile che varia da minimi di 500 mm a massimi di 1400.

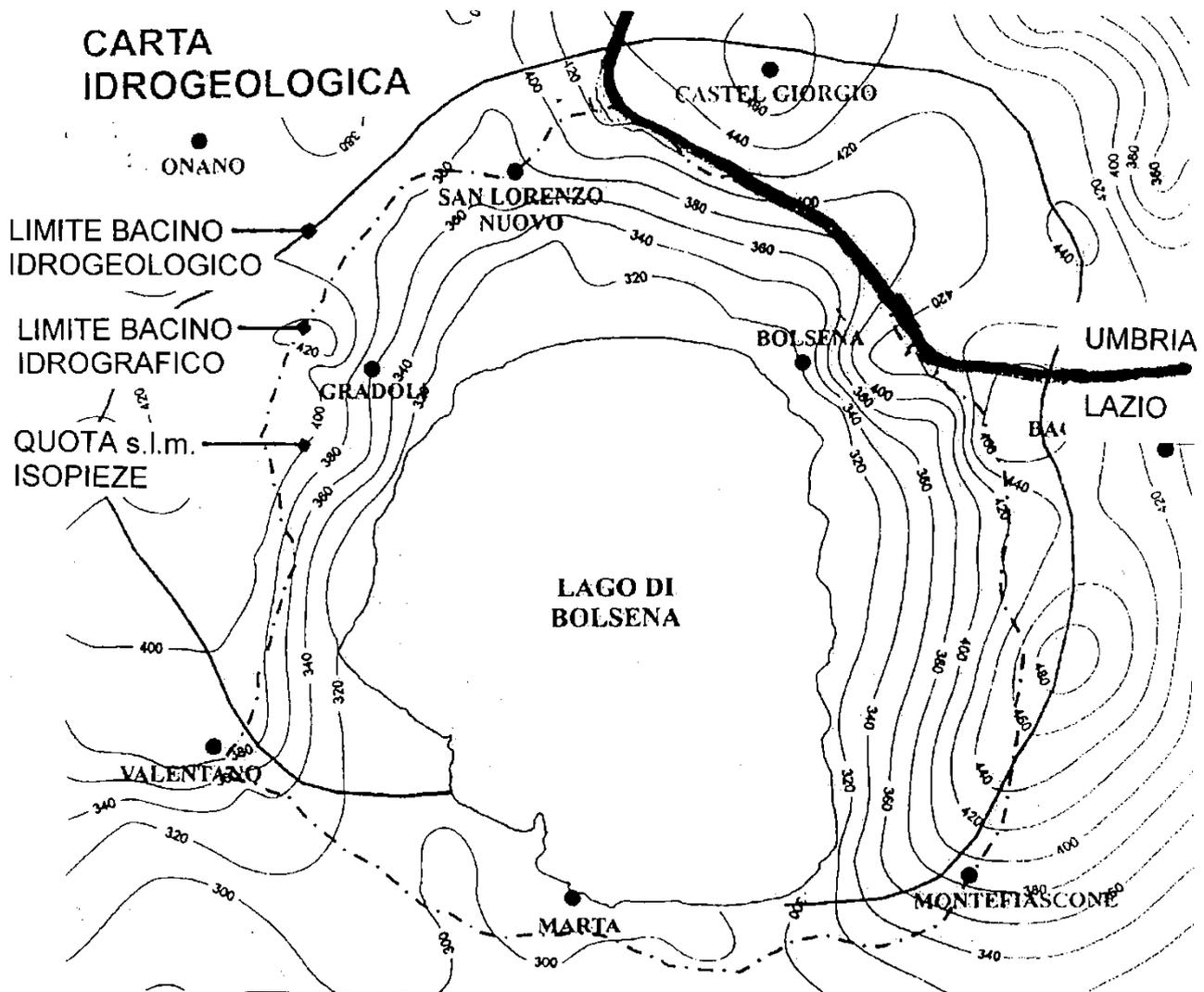
In uscita abbiamo **l'evaporazione**, la **portata dell'emissario** e i **prelievi idrici** per uso potabile e agricolo. Questi ultimi avvengono con prelievi diretti dal lago e da pozzi.

Per visualizzare le grandezze in gioco si consideri che uno strato di 1 cm di lago equivale a circa un milione di metri cubi. Tenendo conto di ciò, l'emissario porta via dal lago circa 30 cm/anno, i prelievi da pozzi nel circa 40 cm/anno e l'evaporazione dal lago oltre 1 metro. La differenza fra entrate e uscite si manifesta con una variazione del livello del lago.

RETICOLO IDROGRAFICO

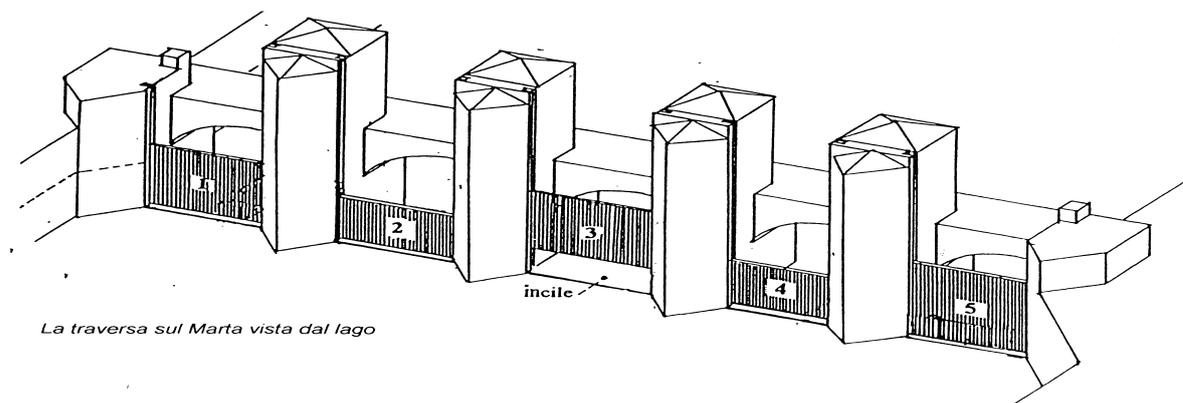


CARTA IDROGEOLOGICA

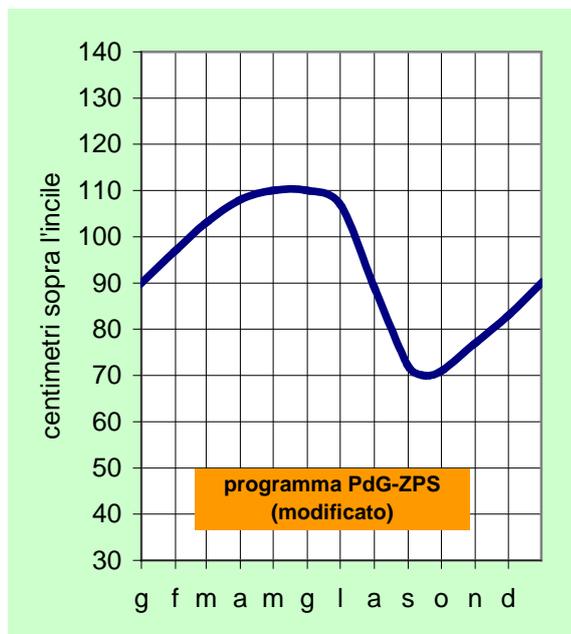


Il livello del lago

Il punto più basso dello spartiacque si chiama **incile** alla base del quale si trova una soglia in pietra detta **soglia dell'incile**. Essa indica il luogo dove termina il lago ed inizia il fiume emissario. Su di essa si trova una costruzione in muratura, detta **traversa**, con cinque bocchette la cui apertura è regolata da **paratie** in legno che scorrono verticalmente. Segno che al momento della sua costruzione l'emissario portava via molta più acqua di quanta ne esca oggi. Il motivo è che pioveva di più e che non c'erano rilevanti prelievi idropotabili e irrigui dal lago.



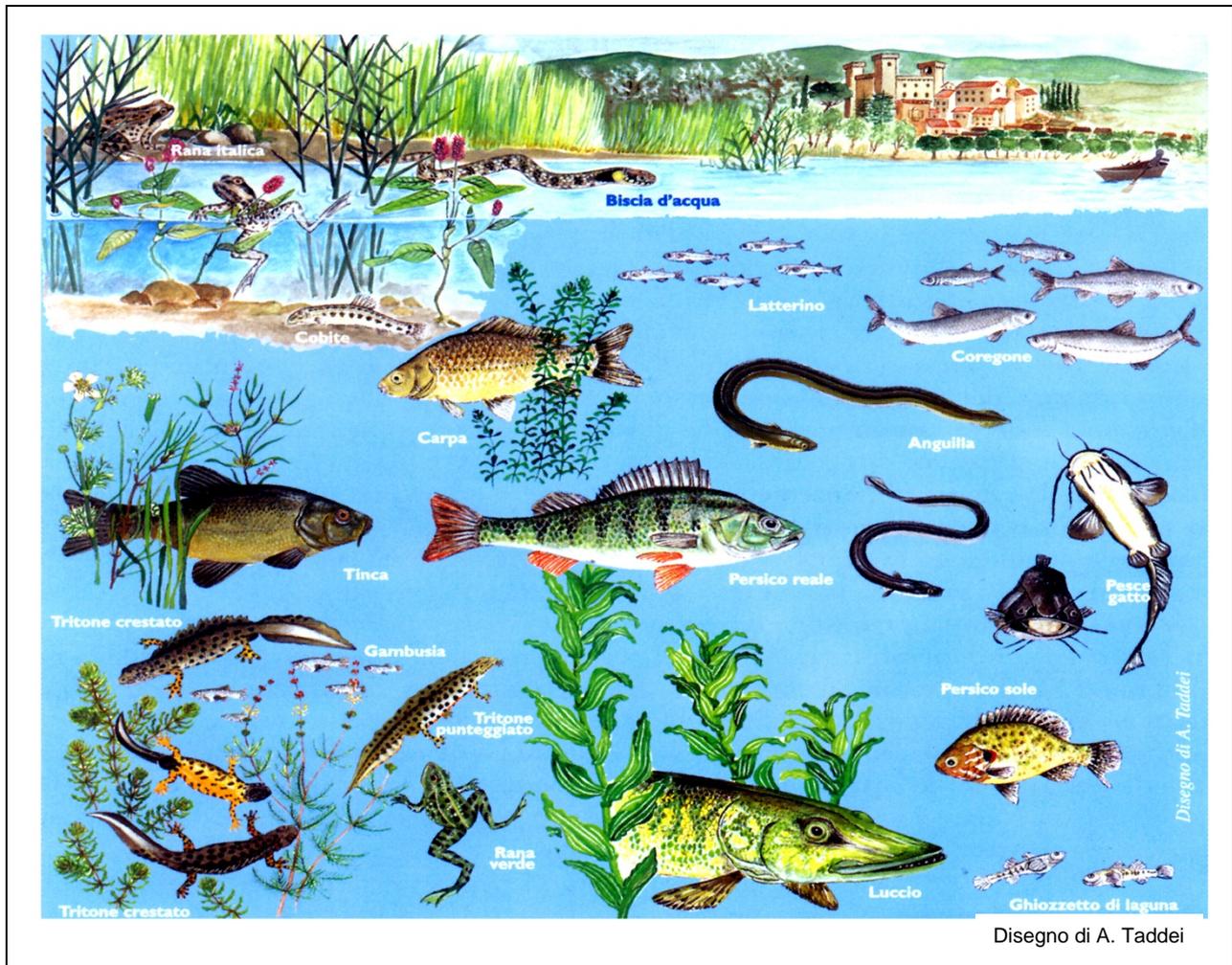
La quota della superficie del lago rispetto al mare è data da un antico **idrometro** in muratura che si trova sul lungolago di Marta. Poiché la quota del livello del lago rispetto al mare è poco pratica per l'uso corrente, si preferisce indicare **il livello del lago in centimetri rispetto alla dell'incile** che è a quota 303,41 sul livello del mare (s.l.m.). Nell'angolo a ponente del porto di Capodimonte si trova un'asta graduata che indica il livello del lago rispetto all'incile.



Il livello del lago rispetto all'incile permette un'immediata visualizzazione della situazione: infatti se il livello del lago scendesse a zero, cesserebbe il deflusso e il fiume Marta si prosciugherebbe nella sua parte iniziale. Quando il livello scende a 40 cm iniziano ad emergere delle pietre di fronte al lungolago di Marta, al contrario se il livello diventa troppo alto e raggiunge 140 cm iniziano ad allagarsi i moli dei porti. I livelli ottimali variano fra 110 cm dopo le piogge primaverili e 70 cm dopo l'evaporazione estiva, in media 90 cm.

L'unico modo che abbiamo a disposizione per regolare il livello del lago è la gestione del deflusso attraverso l'emissario, ma la sua portata è irrisoria e anche se chiudiamo le paratie fino al **deflusso minimo vitale** per il fiume emissario (**0,5 m³/sec**) non

si riesce a contrastare la perdita di livello causata dalla siccità estiva. Per contro in inverno, in caso di piogge abbondanti, si possono ottenere risultati abbastanza efficaci aprendo al massimo le paratie in modo da raggiungere una portata di 5 m³/sec, ossia 5 volte superiore a quella media che è di **1 m³/sec**.



L'ecosistema lacustre

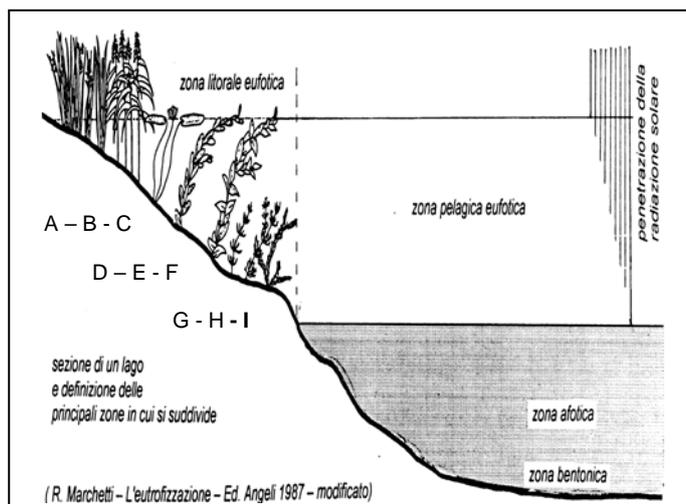
I laghi non sono semplici serbatoi d'acqua: ogni lago è un **ecosistema** costituito dall'ambiente acquatico e dalla comunità biologica che in esso vive. Questa comprende due gruppi di organismi: i **produttori** primari ed i **consumatori**.

I produttori primari sono i vegetali che, grazie alla **fotosintesi clorofilliana**, hanno la straordinaria capacità di trasformare alcune sostanze chimiche prive di vita in materia biologica vivente che, direttamente o indirettamente, alimenta tutti gli organismi animali che vivono nel lago.

I vegetali più visibili, sono le piante **macrofite**, ossia quelle piante, generalmente con radici, che si sviluppano dove l'acqua è poco profonda, ossia lungo i litorali. Meno noto, ma di molto maggiore importanza, è il **fitoplancton**, che è un insieme di organismi vegetali di dimensione microscopica, che vivono sospesi nello strato d'acqua, fin dove arriva la radiazione solare. E' come una immensa prateria che si estende su tutto il lago. I consumatori sono costituiti da organismi animali. Ve ne sono di piccoli o microscopici che formano lo **zooplancton** ed altri più grandi e più noti, come i **pesci**.

La comunità del **benthos** è costituita da animali, batteri e funghi che vivono sul fondo del lago, dove demoliscono e decompongono le spoglie dei vegetali e degli animali che vi cadono a pioggia dopo aver concluso il loro ciclo vitale.

La zona illuminata



La luce solare penetra nell'acqua oltre 20 metri per cui, il lago di Bolsena, a causa della sua notevole profondità, presenta due strati, uno superficiale illuminato ed uno sottostante buio.

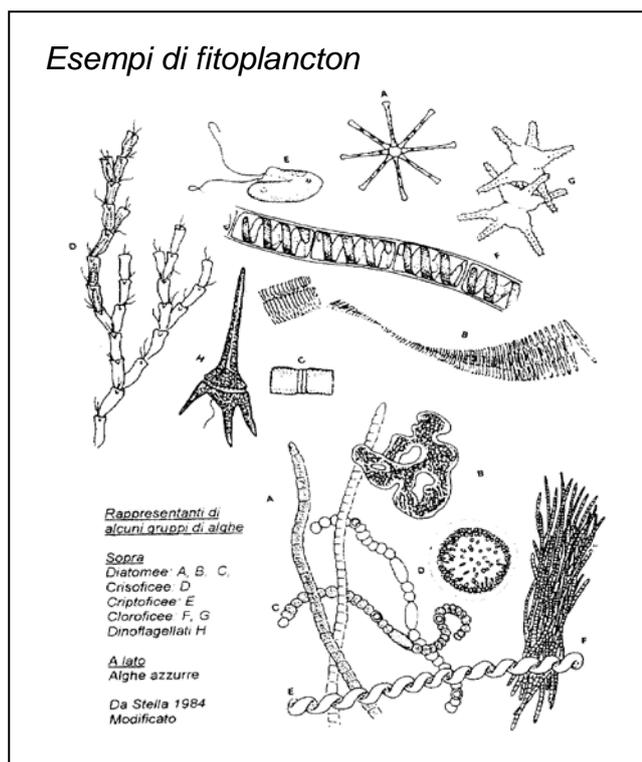
L'attenuazione della luce è graduale per cui esiste una zona di transizione non indicata nel disegno. La luce raggiunge il fondo solo dove la profondità è bassa, ossia lungo la fascia vicina alla linea di costa, dove si sviluppano piante **macrofite** con radici: sul resto dei fondali, essendo buio, non vi sono vegetali.

Le piante macrofite

Addentrando nell'ambiente acquatico troviamo le **cannucce** (nella figura A-B-C), le **idrofite flottanti** (D-E-F), che hanno un apparato radicale ancorato al fondo ed un apparato fogliare galleggiante, le **macrofite sommerse** (G-H-I) che non hanno parti emergenti e si trovano da 0,5 a oltre 10 metri di profondità lungo tutto il perimetro del lago e delle isole. Il lago di Bolsena è caratterizzato dalla presenza massiccia di macrofite del genere **Chara** (H), per cui il nostro lago è stato definito "lago a caracee".

Le cannuce, oltre ad essere di rifugio per gli uccelli, regolano il flusso delle correnti lungo la costa e la conseguente migrazione della sabbia da un luogo all'altro. Il taglio delle cannuce e la costruzione di muretti lungo la riva sono la causa dell'ampliamento di alcune spiagge e l'erosione di altre.

Il fitoplancton



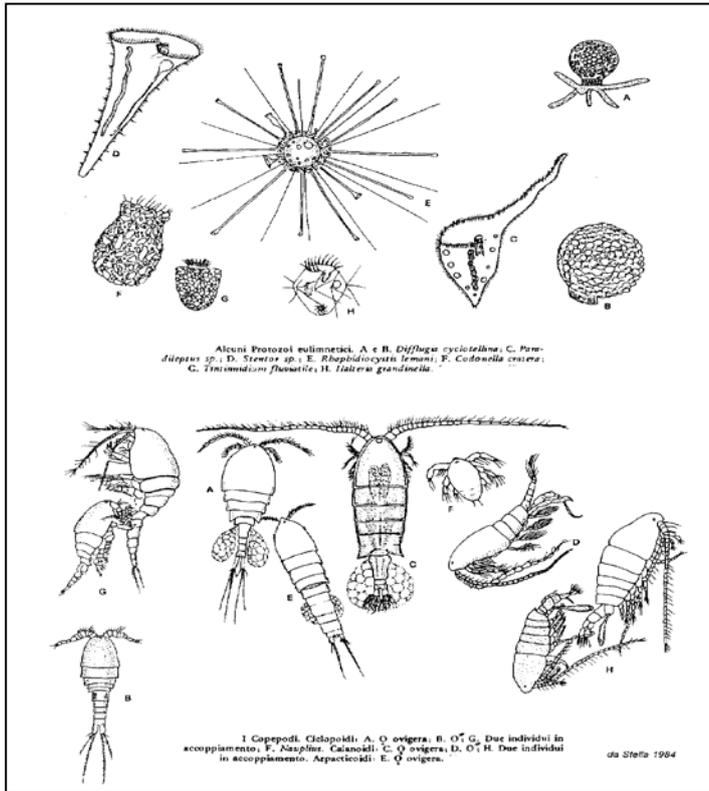
Il **fitoplancton** si sviluppa nello strato illuminato e si estende su tutto il lago fino ad una profondità che varia secondo le stagioni. E' costituito da microscopiche alghe la cui presenza si percepisce in primavera durante la fioritura perché l'acqua diventa leggermente verdognola ed anche perché diminuisce **la trasparenza**.

Quale misura della trasparenza si assume la profondità in metri fino alla quale un disco bianco, detto **di Secchi**, di 30 cm di diametro, disceso con una corda, diviene invisibile se osservato dalla superficie.

La trasparenza è minima in primavera, quando fiorisce il fitoplancton, ed è massima nel periodo invernale: secondo le stagioni varia da circa 4,5 a 11 metri.

Il fitoplancton ha grande importanza perché è il pascolo che alimenta tutto il mondo animale per cui la sua quantità determina quella degli animali.

Lo zooplancton



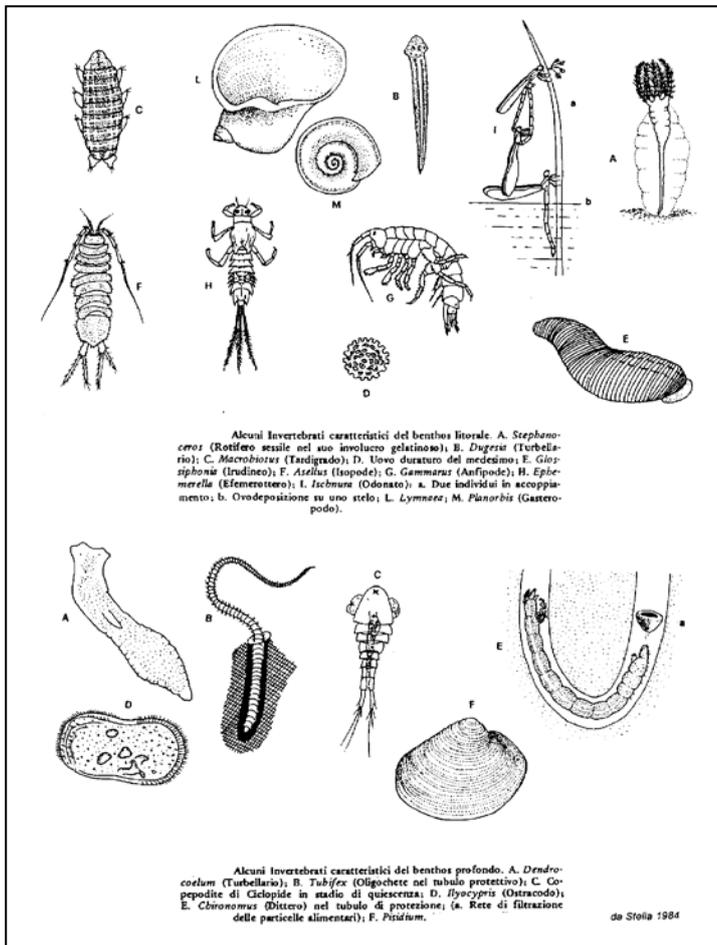
Lo zooplancton è una comunità di animali di dimensioni microscopiche che si ciba di fitoplancton e che, a sua volta, rappresenta una rilevante fonte di cibo per il pesci.

E' rappresentato da tre gruppi zoologici.
Protozoi - Sono organismi unicellulari piccolissimi con dimensioni espresse in millesimi di millimetro.

Rotiferi - Sono animali pluricellulari, con dimensioni che raramente raggiungono il mezzo millimetro. Il loro nome è dovuto al fatto che attorno alla bocca presentano una corona di "cilia" che, muovendosi velocemente, dando l'impressione di un'elica. in movimento.

Crostacei - Costituiscono il gruppo più rilevante del popolamento planctonico e sono i più importanti consumatori di fitoplancton. Fra i crostacei la più nota è la *Dafnia* comunemente detta "pulce d'acqua"

Il benthos



L'insieme degli organismi che durante tutto o parte del loro ciclo vitale vivono strisciando sul fondo del lago, o sono fissi ad esso, o scavano nel substrato, sono chiamati globalmente **benthos**.

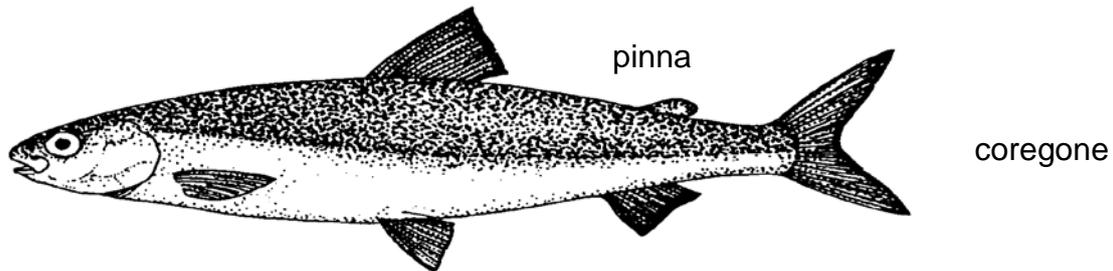
La loro funzione è quella di demolire le spoglie degli organismi vegetali ed animali che si depositano sul fondo dopo aver concluso il loro ciclo vitale.

La demolizione viene poi seguita dalla azione di **batteri aerobi** che ossidano e **mineralizzano** la sostanza organica demolita, ma consumano ossigeno, e cessano di vivere quando questo è esaurito. Intervengono allora i **batteri anaerobi** che operano in assenza di ossigeno, ma è un processo che comporta putrefazione e veleni.

L'attività batterica aerobica è indice di buona salute del lago mentre quella anaerobica è indice di cattiva salute. Questo avviene quando nel lago è presente una **eccessiva quantità di vegetali e di animali** per cui l'ossigeno diventa insufficiente per ossidare tutte le spoglie che si depositano sul fondo.

I pesci

I pesci sono animali vertebrati che debbono adattarsi a condizioni ambientali assai diverse quali: pressione; temperatura; ossigeno (come tutti gli animali, anche i pesci respirano); luce; alimenti ed altro. La loro temperatura dipende da quella dell'ambiente a causa della loro incapacità di produrre calore. Sono dotati di una vescica natatoria che permette loro di mantenersi in equilibrio con l'acqua, nonostante che il loro peso specifico sia leggermente superiore. Sulla base del regime alimentare è consuetudine distinguere tre gruppi: **erbivori** (si cibano di organismi vegetali, macrofite ed alghe); **carnivori** (si cibano di invertebrati plancton, benthos, per esempio il *coregone* e la *carpa*); **predatori** (si cibano di altri pesci, ad esempio il *lucio*), ma la classificazione è troppo rigida.



La fauna ittica in un ambiente soggetto a degrado manifesta un graduale passaggio da una prevalente composizione a **salmonidi** (*trote*, *coregoni*), che sono i primi a risentirne gli effetti negativi, a quella di **percidi** (*persico*) e poi ai **ciprinidi** (*carpa*, *tinca*). L'abbondanza di fitoplancton produce una quantità maggiore di pesce ma, generalmente, ad una quantità maggiore corrisponde una qualità peggiore.

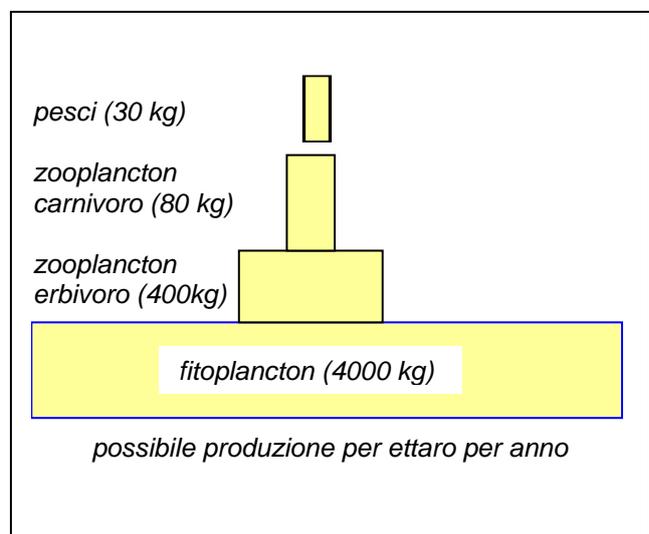
Gli uccelli acquatici

Durante la primavera e l'estate nel Lago di Bolsena nidificano diverse specie di uccelli acquatici che generalmente utilizzano i canneti per nascondere i nidi ed i piccoli. Nel periodo invernale giungono al Lago di Bolsena diverse specie di uccelli acquatici provenienti dal centro e dal nord Europa. Sulle due isole sono presenti colonie di gabbiani e di cormorani che si alimentano di pesci in grande quantità.

La catena alimentare

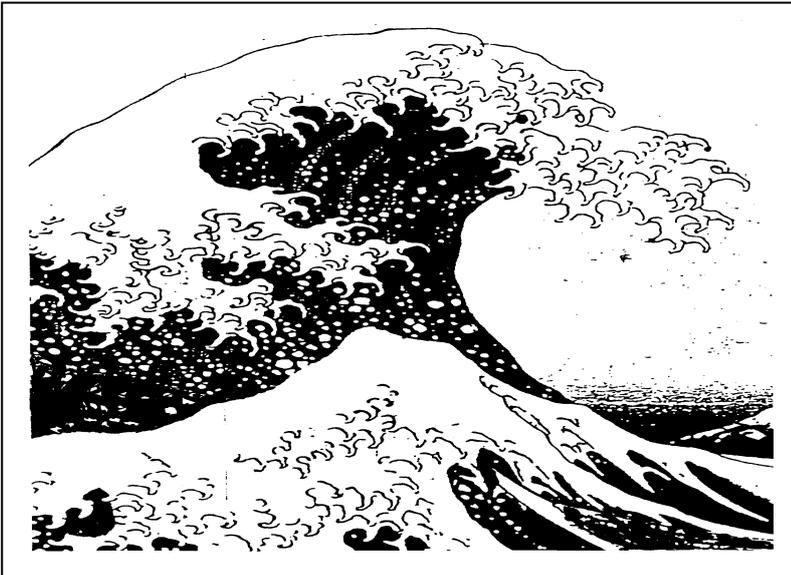
La **catena alimentare** è il trasferimento di materiale organico sotto forma di alimento che, partendo dai vegetali, passa attraverso una serie di organismi che mangiano e vengono mangiati.

Si può rappresentare con una struttura piramidale alla base della quale sta la biomassa dei vegetali ed al vertice l'ultimo anello dei consumatori. C'è quindi una progressiva e forte diminuzione della biomassa degli individui fra i due estremi della catena. Anche l'esercizio della pesca influisce sull'ecosistema sia per l'immissione di avannotti, sia per la sottrazione di materia organica.





L'Ossigeno



Il cattivo stato di salute di un lago si manifesta quando in esso è presente una **eccessiva quantità di vegetali e di animali** per cui l'ossigeno al fondo diventa insufficiente per ossidare tutte le loro spoglie che al termine del ciclo vitale vi cadono a pioggia.

L'ossigeno disciolto nell'acqua è quindi necessario non solo per la respirazione del mondo animale che vive negli strati più alti, ma anche per ossidare le loro spoglie accumulate sul fondo.

L'acqua del lago "cattura" ossigeno dall'aria con la quale è a contatto, particolarmente in presenza di moto ondoso. L'ossigeno in soluzione si chiama **ossigeno disciolto**: si misura in milligrammi litro e, in condizioni di freddo invernale, è dell'ordine di 10 mg/l. Affinché giunga al fondo del lago occorre che gli strati superficiali, ricchi di ossigeno, scendano al fondo mentre quelli al fondo, poveri di ossigeno salgano alla superficie per arricchirsi. Per questa ragione l'ossigeno al fondo, anche in condizioni ottimali, non può superare i 10 mg/l che l'acqua aveva "catturato" quando era in superficie.

Il consumo di ossigeno al fondo avviene in continuazione perché ogni giorno cessa di vivere una parte di fitoplancton, di zooplancton e di pesci. Il rifornimento di ossigeno invece è saltuario e avviene **una sola volta all'anno**, quando il lago sotto la spinta del forte vento invernale si rimescola completamente. Il **rimescolamento completo** avviene in presenza di due condizioni contemporanee: lo stato di **omeotermia** ed un forte e persistente vento che nel nostro lago è la **tramontana**. Lo stato di omeotermia è quello in cui il lago ha la stessa temperatura dalla superficie al fondo, stato che avviene in Febbraio e Marzo, mesi in cui il lago raggiunge la temperatura minima dell'anno, che è di circa 8 °C.

Purtroppo la tramontana non sempre è abbastanza forte per attivare il completo rimescolamento e perciò la riserva di ossigeno al fondo del lago può essere insufficiente per sostenere il consumo dei mesi seguenti. Non lamentiamoci quindi delle gelide tramontane invernali: portano salute al lago, lo rigenerano dopo il degrado avvenuto nella precedente stagione estiva e lo ricaricano per affrontare quella successiva.

Lo stato di omeotermia cessa dopo Marzo perché le giornate si allungano e aumenta la radiazione solare per cui l'acqua in superficie si scalda gradualmente fino a raggiungere in agosto la massima temperatura che è di 26 °C. Questo determina una **stratificazione termica**. L'acqua calda, essendo più leggera "galleggia" su quella fredda formando uno strato superficiale di qualche metro che si chiama **epilimnio**. In esso il vento attiva un rimescolamento superficiale, mentre il restante corpo d'acqua, che si chiama **ipolimnio**, rimane praticamente immobile ad una temperatura di 8 °C tutto l'anno. Lo strato intermedio di graduale transizione, si chiama **metalimnio**. Nell'epilimnio e nel metalimnio abbondano luce, cibo e ossigeno, ed è disponibile una vasta scelta di temperatura, perciò sono questi gli strati in cui pesci e zooplancton preferiscono vivere.

Il Fosforo

Dal bacino imbrifero giungono liquami urbani e dilavamenti di provenienza agricola che contengono **sostanze nutrienti** per i vegetali acquatici, essenzialmente **azoto** e **fosforo** che, come nell'agricoltura a terra "fertilizzano" i vegetali lacustri. Troppo nutrimento fa male al lago: questi nutrienti, se pure in quantità piccolissime, misurabili in milionesimi di grammo per litro (**microgrammi per litro**), hanno grande efficacia nello sviluppare fitoplancton su tutta la superficie del lago fin dove arriva la luce del sole.

E' un "pascolo" che determina la quantità di pesci e di zooplancton che se ne cibano. Nel nostro lago l'azoto abbonda, ma è efficace solo se è unito ad certa proporzione di fosforo. Ne consegue che la quantità di fitoplancton dipende in pratica dalla presenza di **fosforo in soluzione** nell'acqua.

La quantità di fitoplancton viene valutata in base al contenuto di **clorofilla A**, che è un pigmento presente nei vegetali ed anche in base alla trasparenza dell'acqua, che diminuisce con l'aumentare del fitoplancton.

Il fosforo arriva in continuazione dal bacino, nel lago ve ne sarebbero quantità enormi se non fosse abbattuto dall'ecosistema che lo fissa al fondo. Come? Il fosforo entra nella struttura del fitoplancton e da questo passa allo zooplancton ed ai pesci. Terminato il ciclo vitale le loro spoglie cadono a pioggia sul fondo del lago trascinando con se il fosforo che hanno assimilato. Qui le spoglie vengono mineralizzate dai **batteri aerobi** che le ossidano fissandole al fondo, rendendo **insolubile** il fosforo. Se le spoglie sono troppe, l'ossigeno si esaurisce ed entrano in azione i **batteri anaerobi**, ma il fosforo non viene da loro ossidato per cui quello eccedente rimane in soluzione aggiungendosi al nuovo in arrivo.

La quantità di sostanze nutrienti per i vegetali determina la **trofia** del lago (dal greco nutrimento) e la conseguente classificazione qualitativa decrescente: **oligotrofo**, **mesotrofo** ed **eutrofo**. La quantità di fosforo si misura facilmente durante il periodo di completo rimescolamento perché i valori chimici **sono uguali** in tutto il corpo d'acqua. Tale valore, confrontato con quello degli anni precedenti rimane il più precoce indicatore dell'eventuale degrado trofico in atto, in particolare se correlato con la perdita di ossigeno al fondo.

Nella figura che segue sono illustrate tre colonne con esempi di corpi d'acqua qualitativamente decrescenti, da oligotrofo a eutrofo. La prima riga illustra la graduale variazione dei quattro parametri fisico-chimici utilizzati per la classificazione SEL. Come si vede confrontando le tre immagini consecutive, l'aumento del **fosforo (P)** ha per effetto un aumento della quantità di fitoplancton, che si rileva chiaramente per l'aumento di **clorofilla (clor)** e la diminuzione della **trasparenza (DS)**. Aumentano anche le spoglie e perciò diminuisce l'**ossigeno (O2)**. Nella seconda riga è riportato l'esame al microscopio che evidenzia la perdita di biodiversità. Nella terza e quarta riga sono illustrate le situazioni che si verificano nella zona costiera e in quella pelagica.

In sintesi: una eccessiva quantità di fosforo che arriva dal bacino determina il degrado trofico, detto **eutrofizzazione**, le cui conseguenze sono: esaurimento dell'ossigeno al fondo; produzione di sostanze putrescenti, tossiche e maleodoranti; sviluppo di alghe rosse (tossiche); ecc.

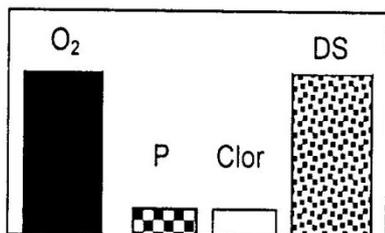


L'evoluzione trofica

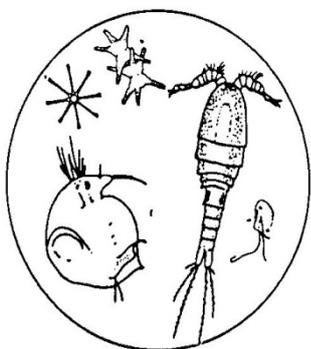
lago oligotrofo

lago mesotrofo

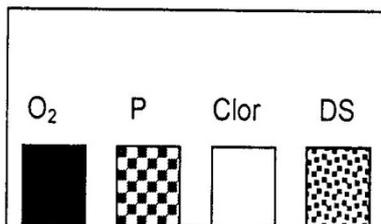
lago eutrofo



nelle acque pelagiche:
 l'ossigeno al fondo è abbondante
 la concentrazione di fosforo è bassa
 la concentrazione di clorofilla è bassa
 la trasparenza disco secchi (DS) è alta



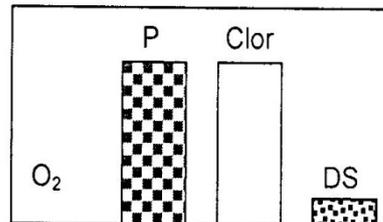
al microscopio
 zooplancton e poco fitoplancton
 benthos con grande biodiversità



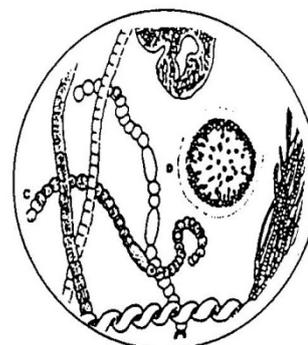
nelle acque pelagiche
 l'ossigeno al fondo può ridursi a 0 in estate
 la concentrazione di fosforo aumenta
 la concentrazione di clorofilla aumenta
 la trasparenza diminuisce



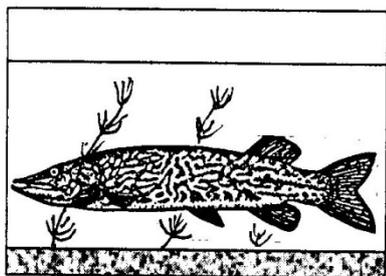
al microscopio
 zooplancton con prevalenza di fitoplancton
 benthos con minore biodiversità



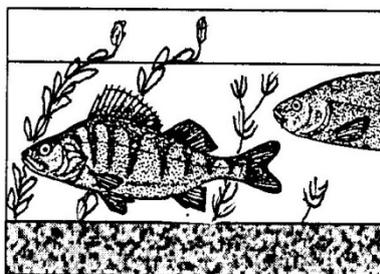
nelle acque pelagiche
 l'ossigeno al fondo è sempre assente
 la concentrazione di fosforo è alta
 la concentrazione di clorofilla è alta
 la trasparenza è bassa



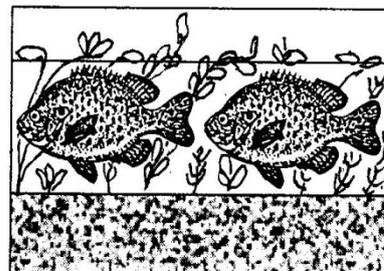
al microscopio
 prevalenza di fitoplancton
 biodiversità compromessa



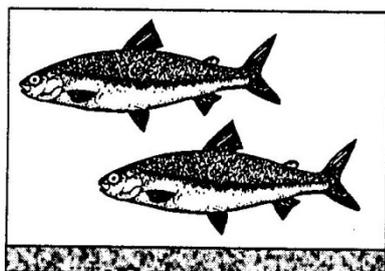
zona litorale
 possibile popolamento di salmonidi
 scarsa presenza di macrofite



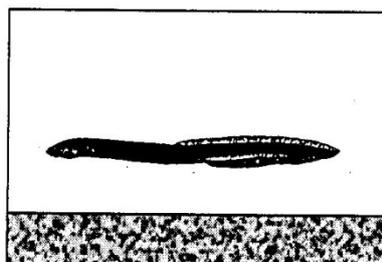
zona litorale
 popolamento ittico a prevalenza ciprinidi
 media presenza di macrofite



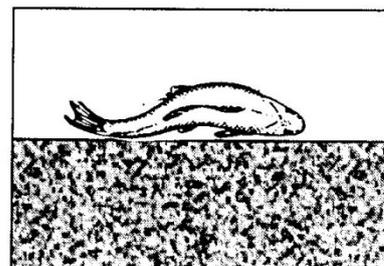
zona litorale
 popolamento ittico a ciprinidi
 abbondante presenza di idrofite



zona pelagica
 al fondo possono vivere i salmonidi
 la quantità di sedimenti è irrilevante



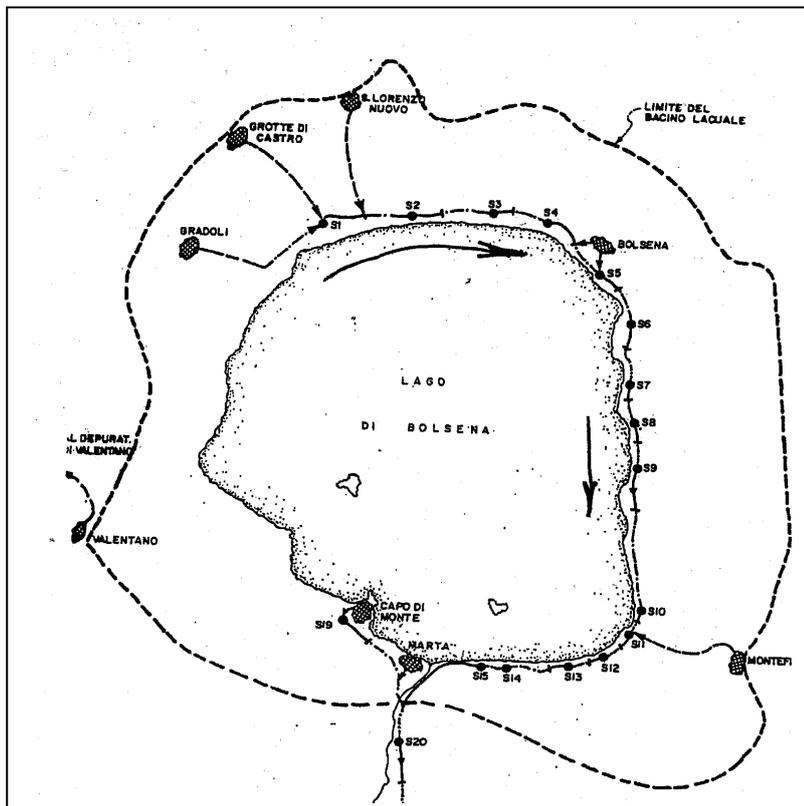
zona pelagica
 assenza di pesci durante l'anossia estiva
 l'aumento di sedimenti è misurabile



zona pelagica
 l'ambiente acquatico è tossico
 l'interrimento dei fondali è rapido

La gestione ecosostenibile del bacino

Inquinamento trofico – Lo stato ecologico del lago è sufficientemente buono, ma preoccupa la tendenza al degrado che va invertita. Il principale indicatore dello stato trofico è il **fosforo** che è la causa dell'aumento della popolazione vegetale e quindi animale nel lago, fatto che comporta un aumento del consumo di ossigeno al fondo del lago, e del suo eventuale esaurimento. Il fosforo proviene dal bacino quale componente dei liquami urbani e dei dilavamenti agricoli. Il suo contenuto in soluzione nel lago è aumentato nel corso degli ultimi sette anni **da 8-10 a quasi 15** microgrammi per litro. Ciò significa che la quantità di fosforo che arriva al lago dal bacino è superiore a quella che l'ecosistema riesce ad abbattere e fissare al fondo. Questa tendenza all'accumulo deve essere invertita e ripristinata a **10** microgrammi per litro.



Per quanto riguarda i liquami urbani il sistema fognario è costituito da un collettore principale lungolago, che raccoglie i liquami delle fognature comunali di ogni singolo paese ubicato all'interno del bacino imbrifero tramite le "bretelle" che sono le tubazioni che collegano le fognature comunali con il collettore principale. Il collettore inizia da Gradoli e dopo aver raccolto i reflui dei centri abitati che si trovano lungo il suo percorso, raggiunge il depuratore ubicato lungo il fiume emissario Marta. Il collettore protegge il lago dall'inquinamento, il depuratore protegge solo l'emissario. Il collettore è attivato da 20 stazioni di pompaggio in serie.

Ciascuna di queste è provvista di pompe di riserva, un generatore elettrico che si avvia in caso di mancanza di corrente, un serbatoio di accumulo, uno scarico di troppo pieno e un radio-allarme.

Attualmente tutto questo è deteriorato, tanto che a volte si verifica il fermo di una delle stazioni di pompaggio. In questo caso le stazioni a monte continuano a pompare liquami i quali, dopo aver riempito il serbatoio di accumulo della stazione guasta, finiscono nel lago attraverso lo scarico di troppo pieno. Inoltre il collettore non è completo dato che manca un tratto a ponente. Per ripristinare la concentrazione di fosforo a livello tollerabile occorrono quattro interventi: riparare il collettore esistente; completare la parte mancante a ponente; incentivare l'agricoltura non fertilizzata come quella biologica e combattere l'abusivismo degli scarichi.

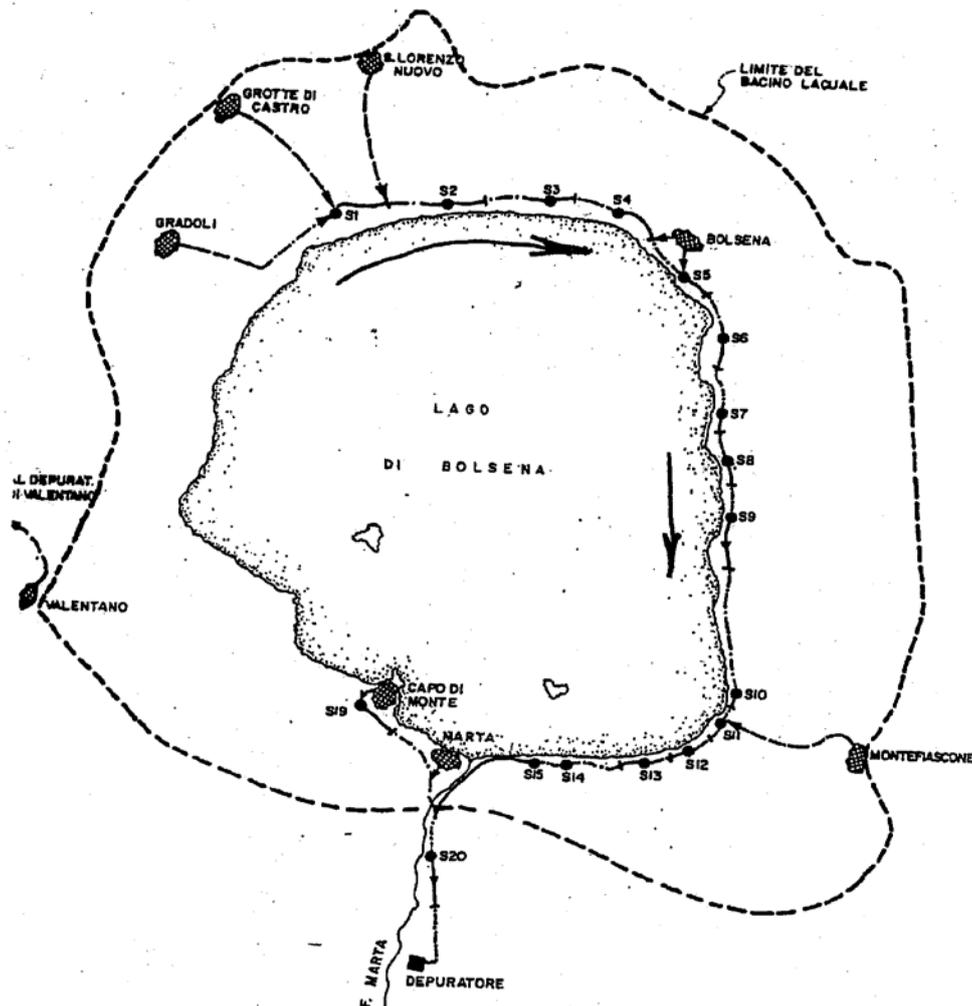
Inquinamento igienico-sanitario Altro aspetto della tutela è quello della balneabilità. Nell'acqua, particolarmente lungo il litorale, possono essere presenti batteri fecali, salmonelle, virus ed altri agenti patogeni provenienti da perdite fognarie che, se presenti, causano irritazioni e malattie ai bagnanti. Il controllo dello stato igienico-sanitario viene esercitato nel periodo estivo una volta al mese in oltre 50 stazioni attorno al lago dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) che, ove necessario, dispone il divieto di balneazione.



L'impianto fognario del lago di Bolsena

Nel lontano passato i comuni attorno al lago non avevano nelle abitazioni né la rete potabile né le fognature. L'acqua potabile veniva prelevata dal lago e distribuita da poche fontanelle pubbliche, dalle quali veniva attinta con pesanti brocche che le donne portavano elegantemente sulla testa. I consumi erano minimi, i reflui venivano in parte utilizzati per i maiali e in parte scaricati sul terreno stradale dietro casa con grande gioia delle mosche.

Nel dopoguerra fu costruita la rete potabile e dato che sotto ogni rubinetto doveva esserci uno scarico fu costruita contestualmente la rete fognaria. Approfittando della pendenza favorevole le fognature dei comuni circostanti scaricavano direttamente nel lago. Con l'arrivo del benessere si moltiplicarono i consumi a causa delle lavatrici, le lavastoviglie, i servizi igienici, i lavaggi auto, ecc, e con esso i saponi ricchi di fosforo. In aggiunta anche i macelli scaricavano sangue nelle fognature e quindi nel lago.

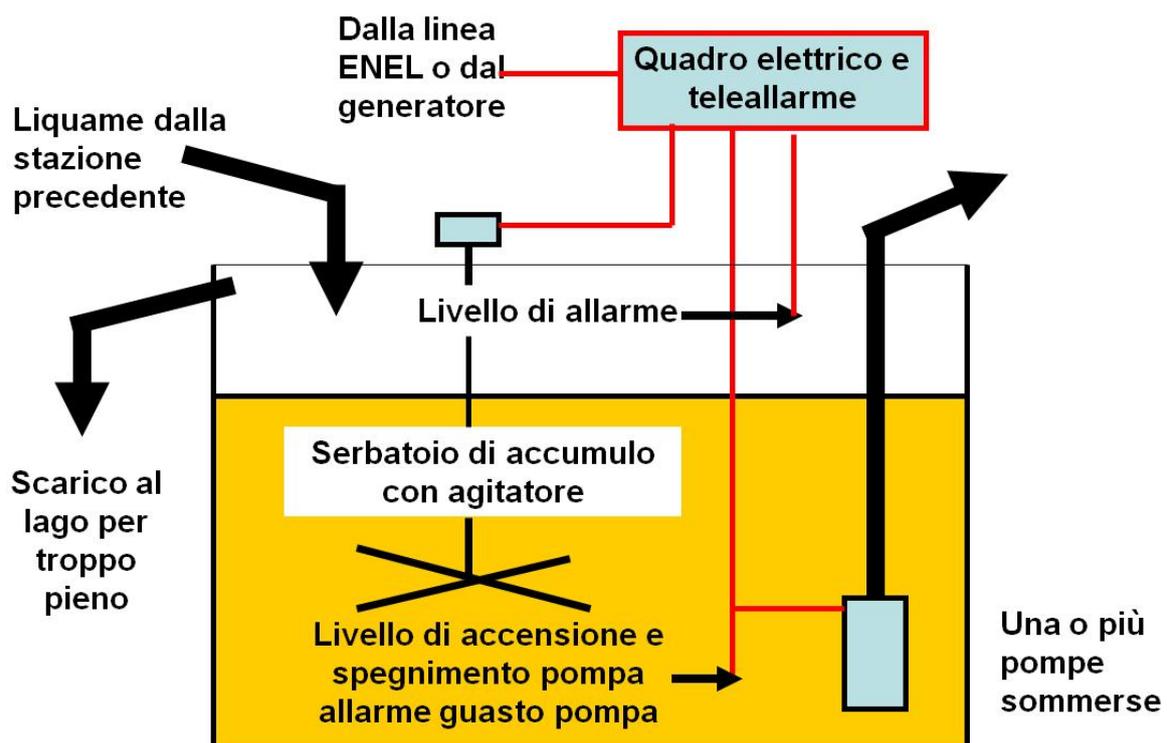


Per porre fine allo scarico nel lago dei reflui urbani i comuni del comprensorio costituirono un consorzio denominato COBALB (Consorzio del Bacino del Lago di Bolsena) con la finalità di costruire e gestire un collettore per la raccolta dei reflui urbani ed un depuratore situato lungo il fiume emissario Marta. Gli impianti sono stati messi gradualmente in funzione dal 1992 al 1996, ma essendo stati progettati nel 1980 sono ormai al limite delle necessità a causa dell'aumentato carico antropico e del deterioramento del tempo.

Il collettore è il principale baluardo contro l'eutrofia del lago e contro l'inquinamento igienico sanitario. Il depuratore, essendo a valle, non ha alcun effetto sul lago, protegge solo il fiume Marta. Le fognature comunali sono raccolte in condotte dette bretelle che raggiungono il collettore e poi il depuratore, gestiti dal COBALB, mentre le bretelle sono gestite dai Comuni. Inizialmente venivano scaricate nel collettore anche le acque piovane raccolte dai tombini stradali, ma poi fu deciso d'inviarle direttamente al lago. Purtroppo nei tombini stradali viene scaricato di tutto e molti reflui sono inquinanti.

Il collettore è suddiviso in tratti di circa tre chilometri, ciascuno dei quali inizia con una stazione di sollevamento che spinge i liquami in una breve condotta ascendente fino a raggiungere un punto elevato del percorso, dopo di che il liquami scendono per gravità fino alla stazione di sollevamento successiva. Questo percorso con salite e discese serve ad evitare tratti orizzontali lungo i quali si depositerebbero sostanze solide causando otturazioni.

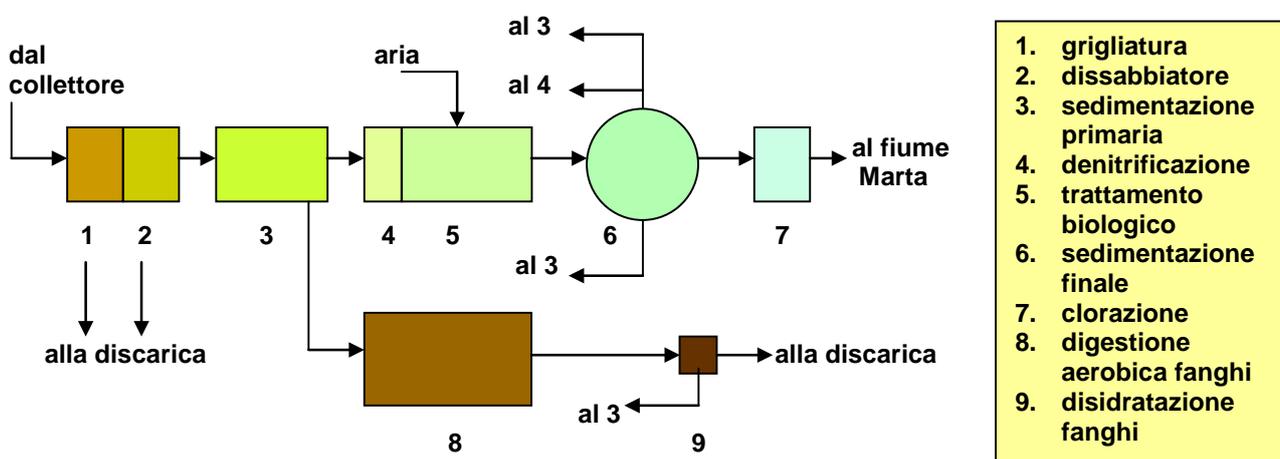
Come si vede dallo schema il collettore non è circumlacuale, manca infatti un tratto di alcuni chilometri a ponente. Valentano scarica i reflui sul versante opposto del bacino, Gradoli e Grotte scaricano nella prima stazione di sollevamento e poi in successione scaricano S, Lorenzo, Bolsena e Montefiascone. In prossimità del fiume Marta si congiunge un altro tratto di collettore con i reflui di Capodimonte e di Marta. L'ultima stazione di sollevamento, la ventesima, spinge i liquami fino al depuratore.



Le stazioni di sollevamento sono costituite da un grande serbatoio di accumulo interrato che raccoglie i liquami che arrivano a caduta da una tubazione in discesa proveniente dalla stazione precedente. All'interno del serbatoio si trova un agitatore che evita il deposito di sostanze solide al fondo. Una o più pompe sommerse spingono i liquami alla stazione successiva. Un sensore ferma le pompe quando il livello è troppo basso.

Se le pompe si guastano il serbatoio si riempie e poi superato il livello di troppo pieno scarica nel lago l'eccedente, dato che le precedenti stazioni di sollevamento non possono essere fermate e continuano ad immettere liquami. Il guasto delle pompe fa scattare un teleallarme per allertare il personale per un urgente intervento. Dovrebbe anche allertare l'ARPA per attivare il divieto di balneazione nella zona dello sversamento.

In caso di mancanza di corrente elettrica dovrebbe automaticamente partire un generatore elettrico di emergenza provvisto di un serbatoio con carburante, ma con il passare degli anni molti di questi dispositivi si sono guastati e non sono più funzionanti.



Il depuratore è ubicato sul fiume emissario Marta, a circa tre chilometri dal lago. L'impianto è modulare e si sviluppa su due linee parallele che possono essere attivate separatamente secondo necessità. Lo schema rappresenta una sola linea.

Il liquame in arrivo dal collettore viene passato attraverso una griglia (1) per trattenere il materiale grossolano (stracci e simili). La griglia viene periodicamente rastrellata e ed il materiale raccolto va in un cassonetto e una volta al mese inviato alla discarica.

Il liquame passa poi ad un dissabbiatore (2). Una tramoggia scarica automaticamente la sabbia in un cassone, anche questo avviato alla discarica. Il liquame passa poi nelle vasche di sedimentazione primaria (3) dove galleggiano grassi e schiume mentre le sostanze pesanti si depositano sul fondo. Un carrello provvisto di lama disoleatrice e raschiatore spinge le anzidette sostanze in una tubazione connessa alla vasca dei fanghi (8) detta di digestione aerobica.

Il liquame, reso più chiaro dal trattamento, passa nella vasca di denitrificazione (4). Qui sono presenti dei batteri aerobi ai quali non viene fornita aria, per cui si procurano ossigeno aggredendo la materia organica. Decompongono i nitrati (esempio NO_3) liberando azoto che si manifesta con bollicine di gas che vanno nell'aria.

I liquami denitrificati passano nelle vasche di ossidazione biologica (5) dove viene mantenuta una popolazione di batteri aerobi che divorano la materia organica inquinante aggregandosi in fiocchi detti fanghi attivi. I batteri consumano grande quantità di ossigeno che viene fornito insufflando aria dal fondo della vasca mediante grossi compressori rotativi. Il fosforo viene abbattuto nella stessa vasca con sostanze chimiche in grado di farlo precipitare.

Il liquame, ormai non più putrescente viene avviato nella vasca di sedimentazione finale (6). In questa avviene nuovamente la separazione delle schiume in superficie e dei fanghi al fondo. I liquami, ormai ridotti a limpida acqua, passano attraverso l'impianto di trattamento igienico di clorazione e poi scaricati nel fiume Marta.

I raschiatori delle vasche di sedimentazione sono rotatori che portano al centro i fanghi. Questi contengono ancora preziosi batteri vivi utilizzabili (fanghi attivi) che vengono continuamente rimessi intesta alle vasche di denitrificazione (4). I fanghi attivi eccedenti vengono saltuariamente inviati alle vasche di sedimentazione primaria dove i batteri muoiono per assenza di ossigeno. Alla stessa vasca vengono inviate anche le schiume.

I fanghi nella vasca di digestione aerobica (8) contengono sostanze putrescenti e debbono anche essi essere digeriti con trattamento aerobico. Sono agitati e mescolati all'aria con un processo più lento. I fanghi vengono infine disidratati con rulli compressori e scaricati in un cassone (circa 4 m^3 al giorno) e inviati alla discarica. La parte liquida proveniente dagli essiccatori viene pompata in testa all'impianto.

In breve: il liquame, dopo aver attraversato una griglia iniziale, entra in una vasca di decantazione dove meccanicamente vengono tolti i grassi che galleggiano e le sabbie che si depositano al fondo, poi passa in una vasca dove dei batteri scompongono i nitrati rilasciando l'azoto nell'atmosfera, poi passa in una vasca dove dei batteri aerobi ossidano le sostanze organiche, e poi l'ultima vasca per una decantazione finale, come la prima.

Il lago è Sito di Interesse Comunitario (SIC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS), recentemente divenuto anche Zona Speciale di Conservazione (ZSC) per la quale la Unione Europea ha chiesto misure efficaci di tutela. L'efficacia delle misure si può controllare in modo semplice confrontando la concentrazione di fosforo totale nel corpo d'acqua nel corso degli anni. Purtroppo durante gli ultimi 8 anni il fosforo totale è aumentato da 8 a 15 microgrammi per litro.

A questo degrado hanno contribuito gli sversamenti del collettore, la mancanza di un tratto di collettore a ponente, l'abusivismo, alcune fognature comunali, gli scarichi dei tombini stradali, le fosse biologiche a perdere, le perdite di gasolio dei vecchi serbatoi interrati e la mancanza di incentivi supplementari per l'agricoltura biologica senza fertilizzanti e senza pesticidi.

Il collettore e l'impianto di depurazione sono disastri, ma saranno riparati fra breve. La gara di appalto è partita: si spera che i lavori inizino in aprile e che siano completati in meno di un anno.

Lezione pratica di limnologia



Partenza da
Capodimonte
e
navigazione
verso l'isola
Bisentina per
la pesca al
plancton



Pesca del plancton
con il retino dalla
profondità di 20 metri



Il plancton
pescato
viene versata
in un vasetto
con acqua di
lago

Seconde classi che esaminano il plancton



Preparazione dei vetrini



Osservazione del plancton al microscopio

Terze classi in visita al depuratore



Scuole di Valentano e di Ischia

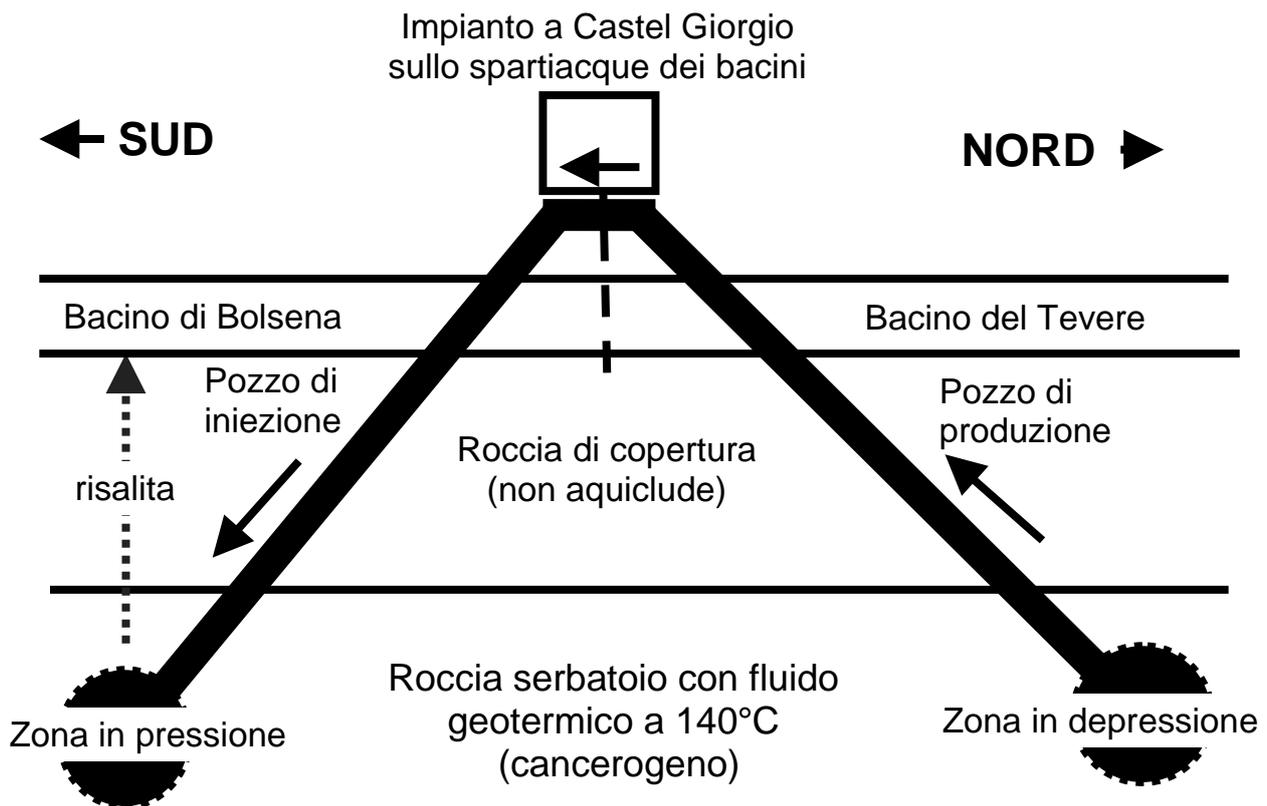


Scuola di Marta - Capodimonte

Geotermia a Castel Giorgio

La geotermia è una tecnica impiantistica per ottenere energia termica e/o elettrica sfruttando il calore del sottosuolo. Si distinguono: impianti a bassa entalpia che utilizzano sonde a circuito chiuso orizzontali o verticali, poco profonde, di irrilevante impatto ambientale; impianti a media entalpia che utilizzano pozzi profondi che sfruttano serbatoi geotermici con una temperatura fino a 150 °C e impianti ad alta entalpia ove i serbatoi hanno una temperatura superiore a 150 °C. Gli impianti a media entalpia sono di competenza regionale, quelli ad alta entalpia di competenza statale. A queste tipologie si aggiungono in Italia dieci impianti "pilota" a media entalpia di competenza statale che beneficiano di speciali incentivi per le caratteristiche innovative. Attorno al lago di Bolsena vi sono decine di richieste di ricerca di competenza regionale e due "pilota" di competenza statale, il primo impianto che potrebbe essere autorizzato è quello "pilota" a Castel Giorgio in Umbria sul confine a nord del bacino idrogeologico del lago di Bolsena.

Lo schema geologico relativo all'impianto di Castel Giorgio è sotto indicato. Ad una profondità di oltre 1000 metri si trova il serbatoio contenente fluido geotermico ad temperatura di circa 140 °C. Nella zona superficiale si trova l'acquifero dal quale viene prelevata l'acqua potabile per il viterbese. Fra l'acquifero superficiale e il serbatoio geotermico è interposta una roccia di copertura che dovrebbe impedire la risalita di fluido geotermico che contiene una altissima concentrazione di arsenico.



Il permesso di ricerca geotermico sulla piana dell'Alfina è a cavallo del confine fra Umbria e Lazio. Il campo geotermico dell'Alfina è illustrato a pagina 25. In essa sono indicati i pozzi trivellati dall'ENEL, poi abbandonati per difficoltà tecniche e sismiche.

Per semplicità di esposizione supponiamo che l'impianto di Castel Giorgio sia collegato ad un solo pozzo di produzione e ad uno di reiniezione. In realtà sono rispettivamente 5 e 4, alcuni verticali ed altri deviati. Nella rappresentazione schematica il pozzo di produzione preleva fluido geotermico alla temperatura di circa 140 °C mediante

una potente pompa sommersa installata nella tubazione ad una profondità non lontana dal fondo. Scopo principale della pompa è quello di mantenere il fluido alla pressione di 60 atm nelle condotte superficiali in modo da evitare che precipitino i carbonati che causerebbero proibitive incrostazioni nelle tubazioni, ma sono una bomba. Il fluido geotermico, raggiunta la centrale in superficie, attraversa uno scambiatore di calore dove cede energia ad un fluido di servizio che aziona le turbine che producono energia elettrica. Non vi sono emissioni in atmosfera. Dallo scambiatore il fluido geotermico esce raffreddato e prosegue il suo percorso verso il pozzo di reiniezione, ma la pressione di 60 atm sarebbe troppo elevata per una diretta reiniezione. Lungo la tubazione di reiniezione è prevista una turbina, simile alla citata pompa sommersa, che funziona in senso inverso producendo elettricità. Allo stesso tempo riduce la pressione di reiniezione riportandola a valori compatibili con la permeabilità del serbatoio geotermico.

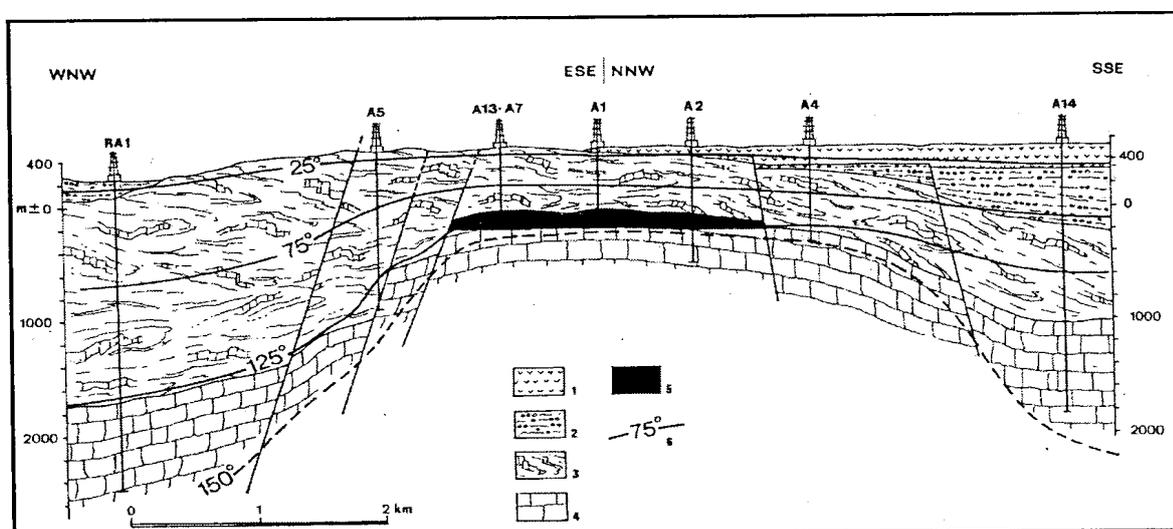
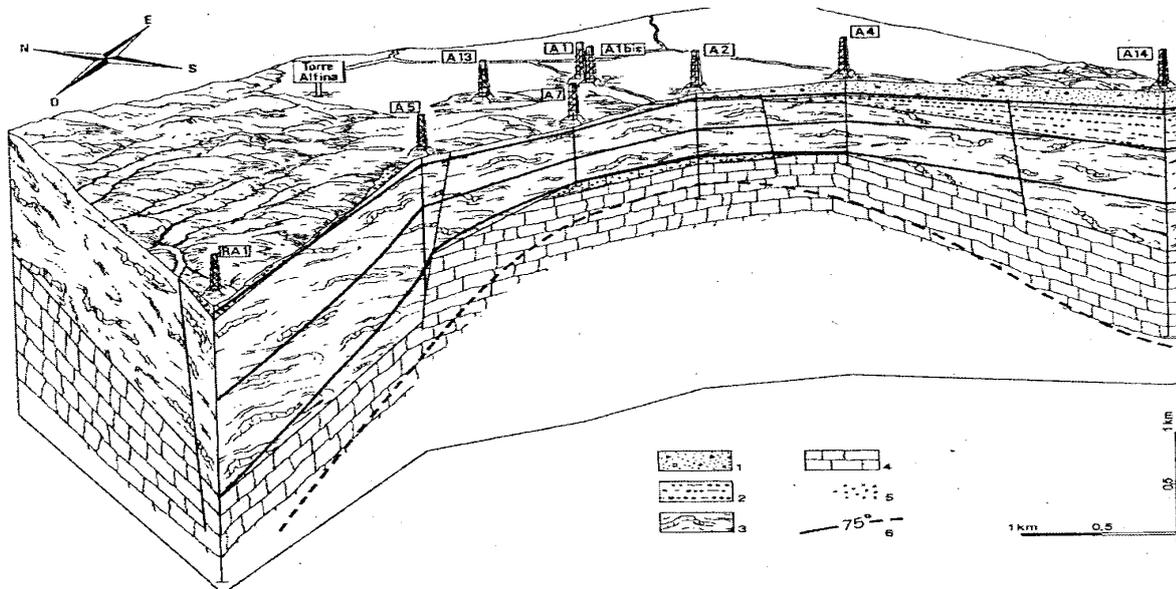
Attorno al fondo del pozzo di produzione si crea una zona in depressione che richiama il fluido circostante, mentre attorno al fondo del pozzo di reiniezione si crea una zona di sovrappressione, che spinge e diffonde il fluido reiniettato nel serbatoio geotermico. Il fondo dei due pozzi è ubicato alla distanza fra loro di almeno 5 km per evitare che il pozzo di produzione prelevi il fluido raffreddato, presente nella zona di reiniezione. Il progetto presume che vi sia un flusso ipogeo fra la zona di reiniezione e quella di produzione: lungo il percorso il fluido si dovrebbe scaldare fino a recuperare la temperatura di 140 °C, ma è da provare che fra le due zone vi sia effettivamente intercomunicazione idraulica. Infatti la probabile presenza di fratture di origine tettonica facilita flussi ipogei sub verticali e ostacola quelli sub orizzontali.

La portata complessiva dei 5 pozzi per produrre 5 Mw è di 1000 tonnellate all'ora di fluido geotermico che, come illustrato nello schema, vengono prelevati da sotto il bacino idrogeologico Tevere e riversate sotto il bacino idrogeologico del lago di Bolsena. Dato che la roccia di copertura non è impermeabile, non può impedire la risalita di una percentuale di fluido geotermico pressurizzato verso l'acquifero del lago di Bolsena al cui bacino idrogeologico viene prelevata acqua per la rete potabile.

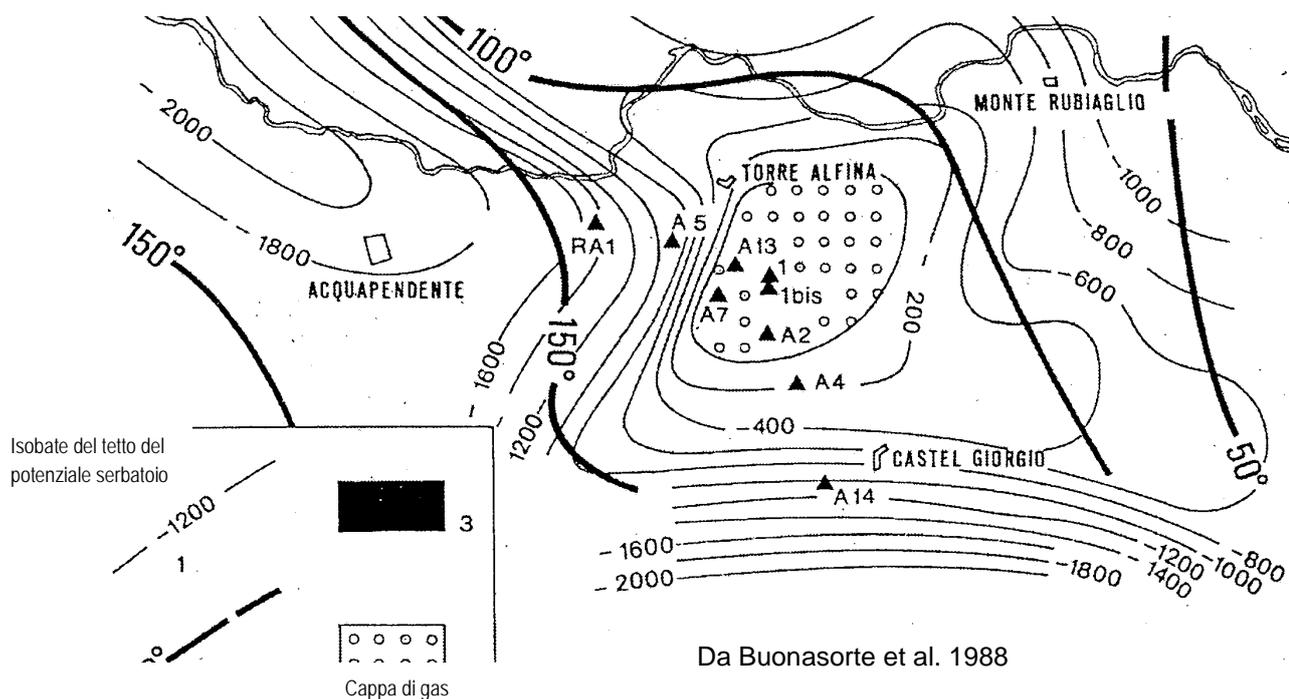
Che la roccia di copertura non sia aquiclude è autorevolmente dichiarato dal geologo Dott. Giuseppe Pagano Direttore di Miniera delle sorgenti termali del Comune di Viterbo, della Soc. Terme di Cianciano, della Soc. Terme San Filippo e delle Terme Etrusche di Musignano. E' il massimo esperto in geologia e idrogeologia delle nostre zone, particolarmente in relazione ai fluidi geotermici. In una specifica relazione in merito alla geotermia a media e alta entalpia attorno al lago conclude che la roccia di copertura presa in considerazione, è certamente la meno indicata a rappresentare il ruolo di aquiclude.

La Regione Lazio ha speso quasi 50 milioni di euro in impianti filtranti per dearsenificare l'acqua entro limiti di legge. La soluzione è ritenuta provvisoria per i proibitivi costi di gestione e sono in programma soluzioni alternative, fra queste la diluizione dell'acqua della rete con quella del lago. La diluizione è teoricamente possibile perché il lago ha una concentrazione di arsenico dell'ordine di circa 5 µg/l, mentre quella dei pozzi attorno al lago che alimentano la rete potabile è dell'ordine di 15 µg/l. Una miscela in parti uguali riporterebbe acqua nella norma di 10 µg/l. Ma se l'impianto geotermico di Castel Giorgio venisse approvato, il programma di miscelazione non potrebbe essere realizzato dato che l'impianto farebbe aumentare in pochi anni la concentrazione di arsenico sia nell'acqua atinta dai pozzi sia in quella del lago. Un aumento della concentrazione di 1-2 µg/l renderebbe impraticabile la diluizione.

Inoltre non essendo provato che vi sia comunicazione ipogea fra la zona di reiniezione e quella di produzione può verificarsi un travaso di fluido fra le due zone con scompensi di pressione che comporterebbero un aumento del rischio sismico. I nostri centri storici, detti della "civiltà del tufo", sono sensibili a sismi di grado molto basso, ad esempio Toscana è crollata per uno sima di grado 4 seguito da altro di grado 3,6.



1) vulcaniti - 2) depositi marini pliocenici - 3) facies ligure ed austrapina interna - 4) facies toscana - 5) cappa di gas - 6 isoterme
 Campo geotermico di Torre Alfina - Schematica su una traccia in corrispondenza dei Pozzi Enel



Da Buonasorte et al. 1988

La buona geotermia

Fanno parte della “buona geotermia” gli impianti a bassa entalpia comunemente usati per climatizzare le abitazioni. Generalmente non trasferiscono fluido geotermico da un luogo ad un altro nel sottosuolo, usano un fluido di servizio, di solito acqua, che circola in serpentine a circuito chiuso.

Le soluzioni sono molteplici, dove manca lo spazio le serpentine sono verticali (fig. 1), dove c'è spazio le serpentine sono orizzontali (fig. 2) a bassa profondità. Altra possibile soluzione è data da pozzi poco profondi con due tubi concentrici (fig. 3) nei quali il fluido di servizio scende attraverso l'intercapedine fra i due tubi e risale attraverso il tubo interno.

In ogni caso il fluido di servizio passa attraverso una “pompa di calore” (fig. 4) che è un dispositivo che provvede a trasferire il calore sottratto o ceduto al sottosuolo ad un altro fluido che alimenta i comuni sistemi di climatizzazione alla temperatura di utilizzo. La climatizzazione comprende il riscaldamento invernale e il raffreddamento estivo, la pompa di calore comporta un consumo di elettricità il cui prezzo in Italia è molto elevato e rende questa tecnica meno conveniente che nel nord dell'Europa dove è molto diffusa.

Nel caso della media o alta entalpia, la “buona geotermia” è una tecnica detta DHE o BHE (Deephole, oppure Borehole Heat Exchanger) che adotta lo stesso schema della fig. 4, ma con pozzi profondi e con particolari accorgimenti per evitare che il fluido in discesa nell'intercapedine raffreddi quello in risalita nel tubo interno.

Rispetto ai normali impianti come quello descritto per Castel Giorgio i pozzi devono essere molto più profondi in modo che il tubo esterno possa ricevere abbastanza calore dalla formazione circostante. A parità di rendimento il costo dei pozzi è generalmente maggiore di quello degli impianti che portano in superficie il fluido geotermico, ma è un sovrapprezzo che si deve pagare per la tutela dell'ambiente ed è anche per questo che ci sono generosi incentivi che dovrebbero essere riservati ad impianti veramente “pilota”.

Il campo geotermico dell'Alfina è un caso particolare perché, come si vede dalle illustrazioni a Pag. 25, sotto il comune di Castel Giorgio a soli 1000 metri di profondità la temperatura di circa 150°C e quindi, l'aspetto termico, è particolarmente vantaggioso. Per contro la caratteristica chimica del fluido geotermico è negativa per le incrostazioni che si producono nelle tubazioni a causa dei carbonati che precipitano con il diminuire della pressione nel risalire verso la superficie, tanto che l'ENEL ha preferito abbandonare l'impresa dopo aver perforato una quindicina di pozzi.

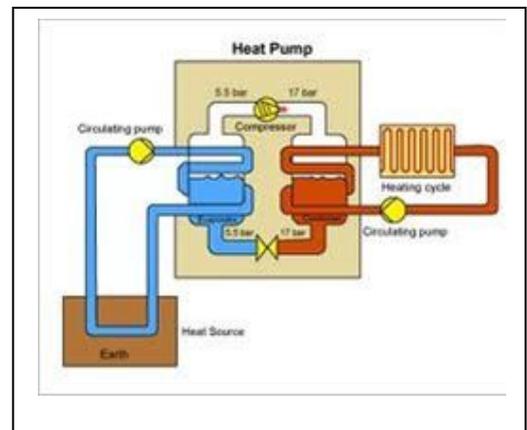
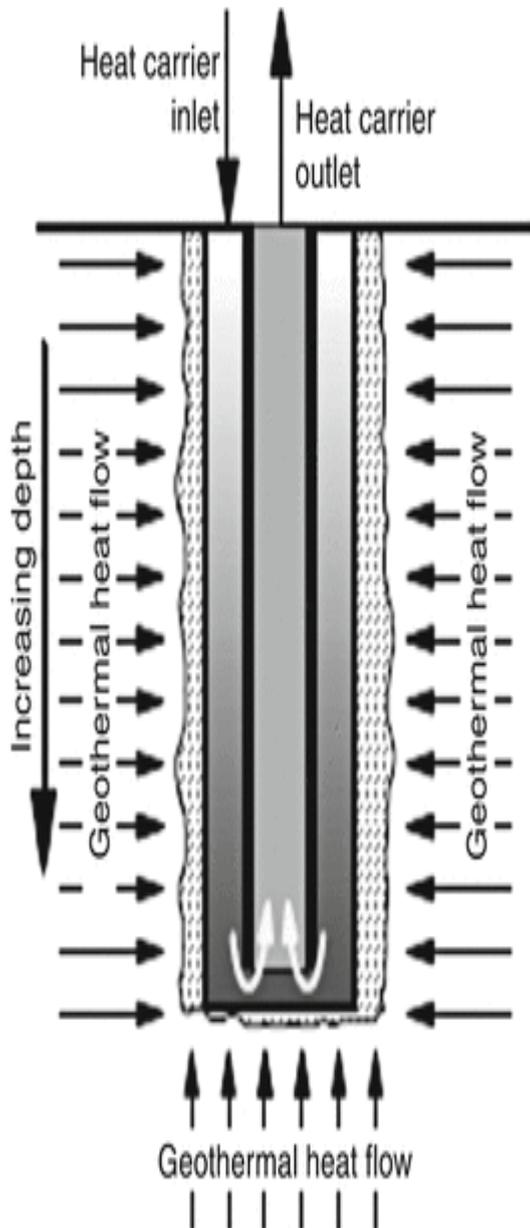
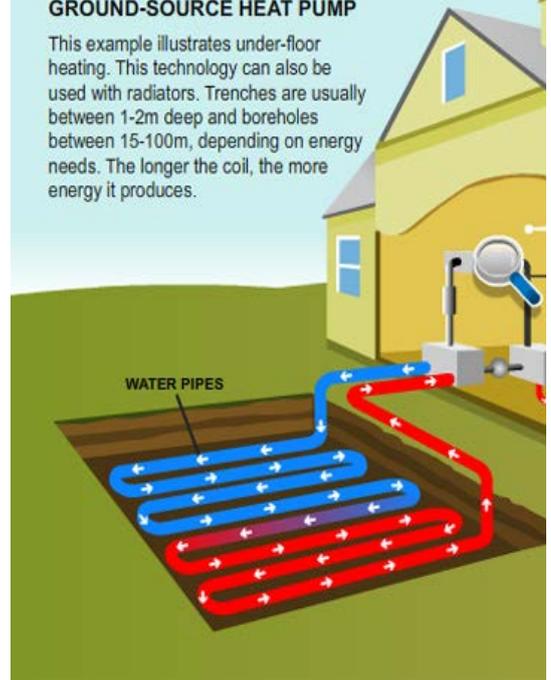
E' possibile contrastare le incrostazioni mantenendo il fluido geotermico quasi alla stessa pressione che aveva nel serbatoio fino alla superficie. Ciò comporta una pressione di esercizio di almeno di 60 atm ad una temperatura di quasi 150 °C. Ciò richiede complessi dispositivi quali pompe e generatori sommersi, come accennato in precedenza.

La tecnica BHE pur avendo un impatto ambientale minimo, non è del tutto esente da rischi quali la cattiva cementazione del tubo di rivestimento (casing) e la sua eventuale rottura per cui è da evitare in luoghi sensibili come all'interno del bacino idrogeologico del lago di Bolsena e altri luoghi protetti.



GROUND-SOURCE HEAT PUMP

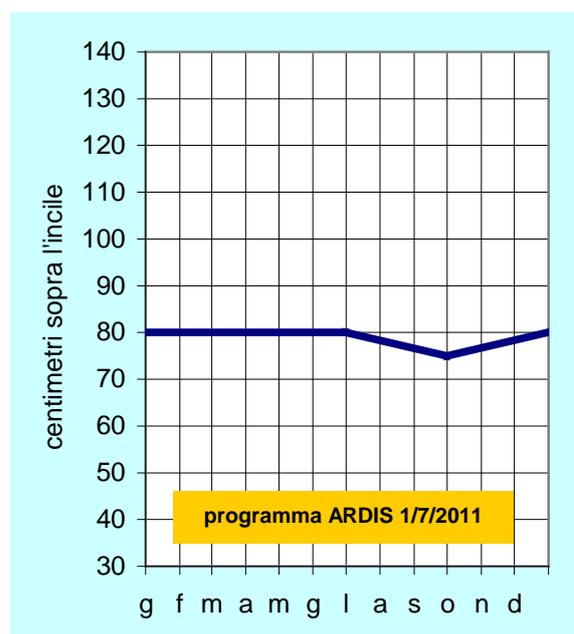
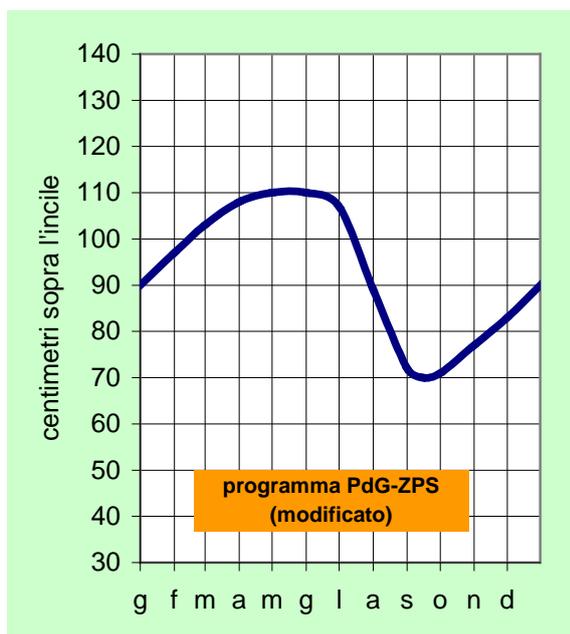
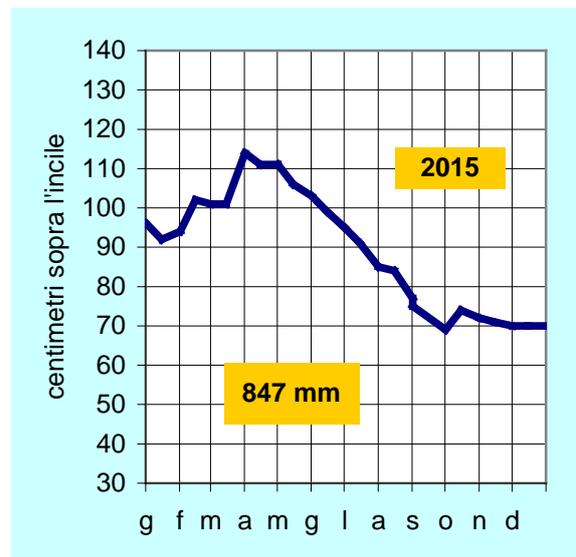
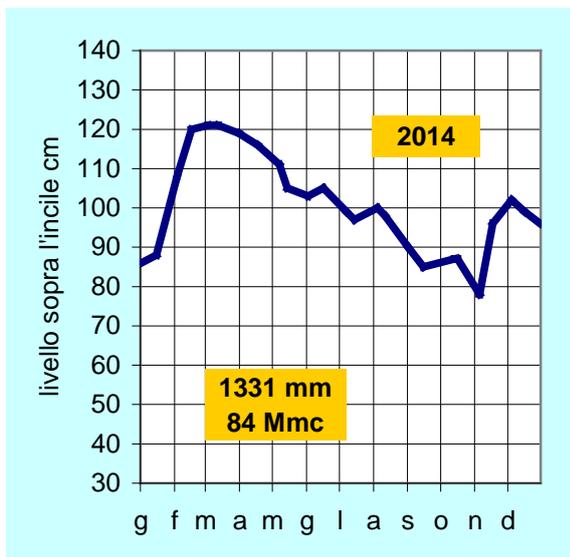
This example illustrates under-floor heating. This technology can also be used with radiators. Trenches are usually between 1-2m deep and boreholes between 15-100m, depending on energy needs. The longer the coil, the more energy it produces.



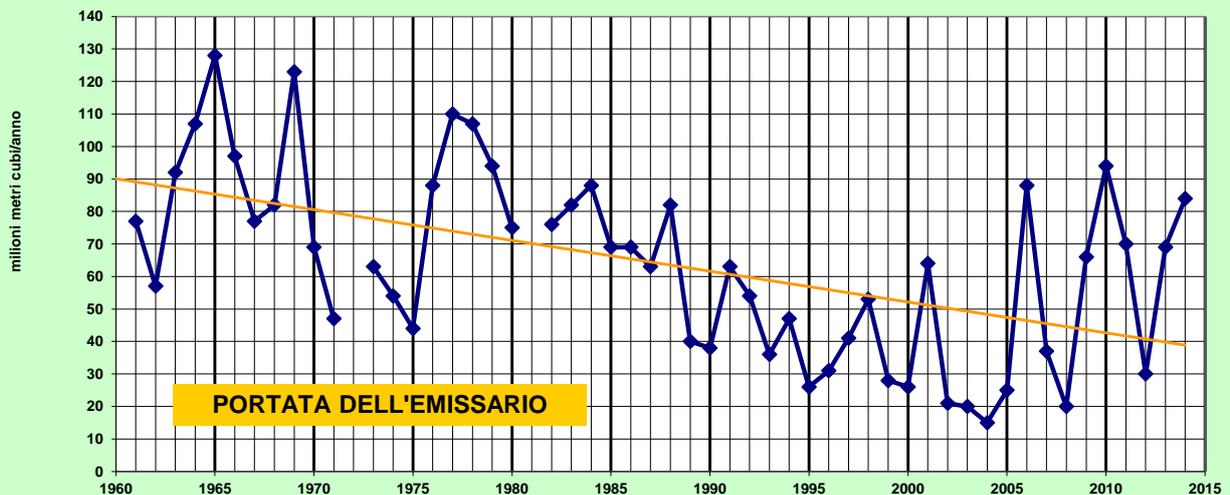
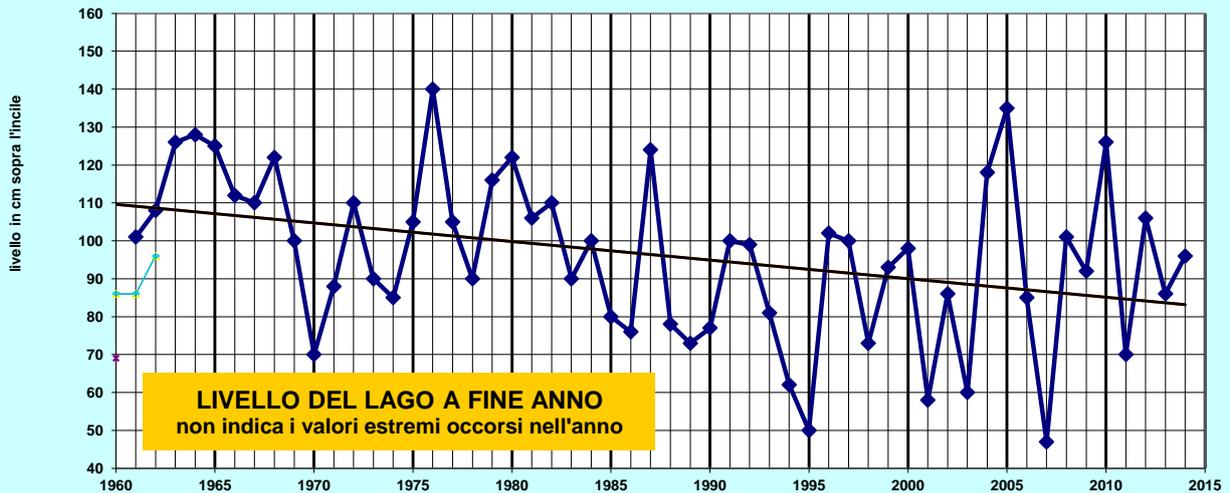
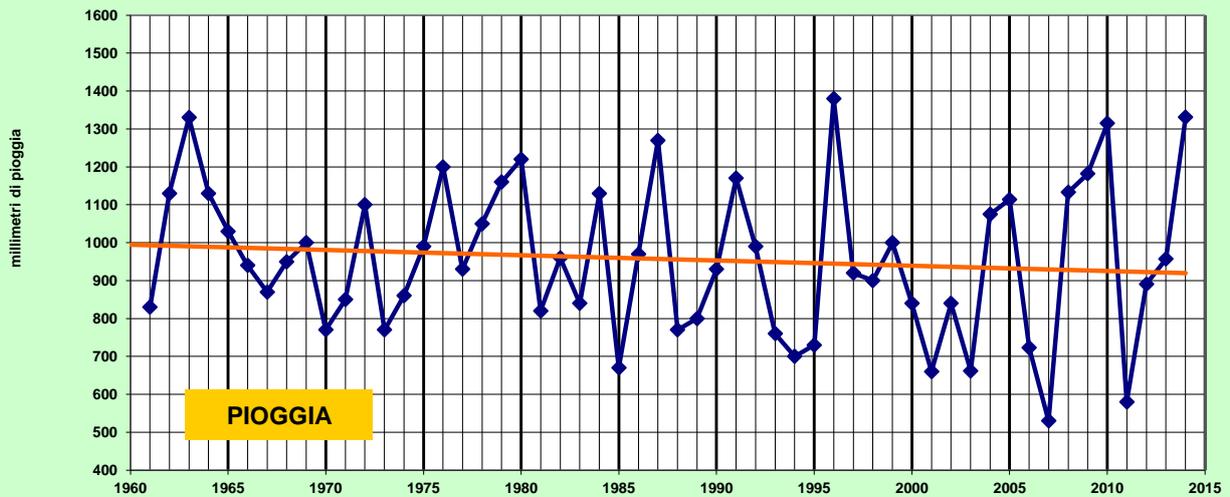
Monitoraggi quantitativi

Il bilancio idrologico studia i flussi d'acqua che avvengono nel bacino idrogeologico nel quale vale l'equazione: $entrate - uscite = variazione\ del\ livello\ dell'acquifero$. Le entrate sono costituite dalle piogge che cadono sul bacino idrogeologico, le uscite sono costituite dall'evaporazione, dai prelievi idrici e dal deflusso attraverso l'emissario. L'obiettivo da raggiungere è che il livello del lago sia contenuto entro limiti prestabiliti dal PDG e che la portata dell'emissario non scenda sotto il "minimo vitale" di $0,5\ m^3/s$, ma è rimasto vigente il programma ARDIS che non è realizzabile. Le piogge variano molto da 500 a 1500 mm/anno e anche su base mensile. I mesi di novembre e dicembre 2015 sono stati particolarmente siccitosi totalizzando solo 3 cm rispetto ai 28 cm degli anni precedenti, rendendo impossibile il ricupero del livello a 90 cm sull'incile previsto dal programma PDG.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	tot
Piogge 2015 mm	58,3	120,2	176,4	46,9	54,8	53,0	14,0	85,1	88,3	124,3	29,1	1,0	846,9
Media 15 anni	96	75	78	58	78	52	26	40	68	94	161	119	925



Parametri idrogeologici



I monitoraggi qualitativi

Gli strumenti per monitoraggi di cui dispone l'Associazione Lago di Bolsena sono una imbarcazione attrezzata con un verricello elettrico, una sonda multiparametrica Hydrolab, una bottiglia per prelevare campioni d'acqua in profondità, il disco di Secchi ed altri accessori. I monitoraggi vengono effettuati in una stazione pelagica rappresentativa (42° 35,00N – 11° 56,50E) dove la profondità è di 130 metri.

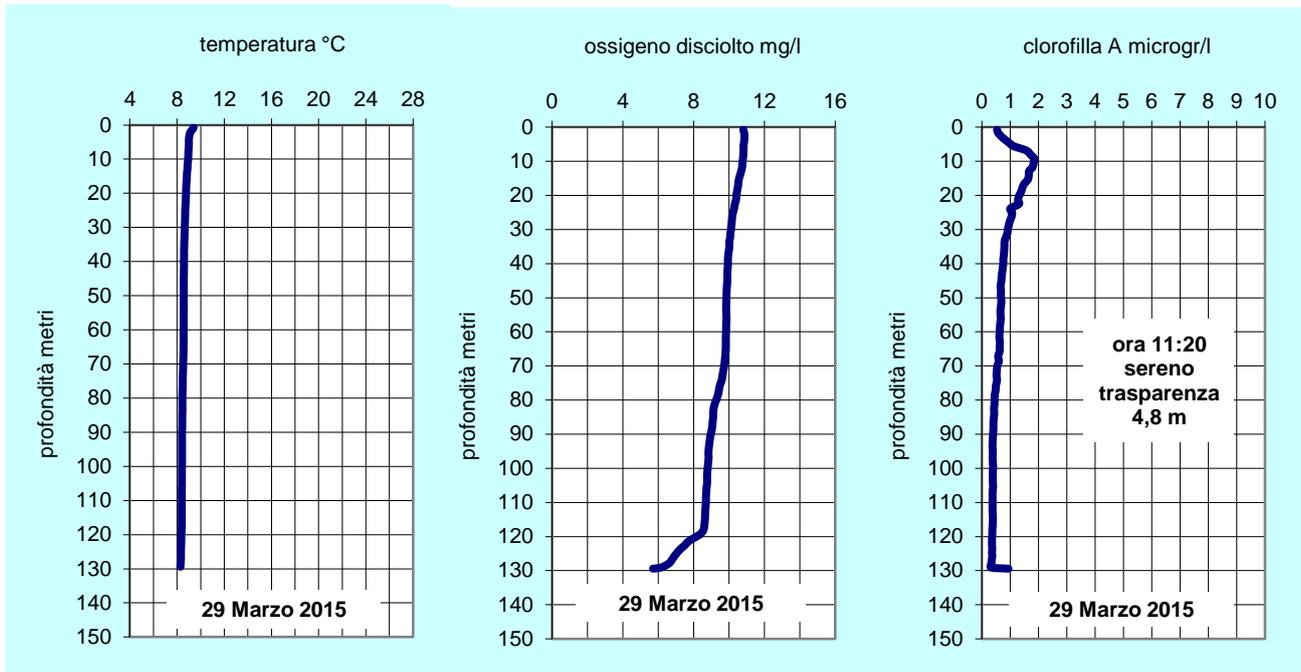
La sonda multiparametrica misura contestualmente la temperatura, la quantità di ossigeno disciolto, la conducibilità e la concentrazione di clorofilla lungo la colonna d'acqua dalla superficie al fondo. Con la bottiglia si prelevano campioni di acqua a sette profondità prestabilite, i campioni vengono inviati all'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi di Pallanza-Verbania che li analizza per determinare i parametri chimici, infine con il disco di Secchi si misura la trasparenza. Nel corso di un anno avviene nel lago una continua variazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche che debbono essere seguite, durante tre periodi significativi.

Periodo del massimo rimescolamento – In inverno iniziano i forti e gelidi venti del nord (tramontana) che raffreddano gradualmente il lago. Fra Febbraio e Marzo si raggiunge, ma non sempre, lo stato di isotermità, ossia l'uguale temperatura, circa 7,5 °C, a tutte le profondità. L'isotermità è condizione necessaria affinché il vento possa efficacemente rimescolare il corpo d'acqua. Se il vento è stato abbastanza forte e persistente, si raggiunge lo stato di completo rimescolamento, ma spesso il rimescolamento è parziale e non raggiunge il fondo. Quando è completo tutto il corpo d'acqua assume le stesse caratteristiche chimiche e fisiche. L'occasione è ottima per conoscere il contenuto nel lago delle sostanze chimiche, in particolare Fosforo Totale (TP) e Azoto Totale (TN). Quando si verifica il completo rimescolamento l'ossigenazione dello strato al fondo raggiunge il valore massimo che è quello che l'acqua aveva in superficie che è dell'ordine di 10 mg/l. Per quanto precede, nel periodo di rimescolamento il monitoraggio viene eseguito sia con la sonda che con le analisi chimiche.

Periodo della massima fioritura algale – In Aprile l'epilimnio inizia a scaldarsi, il rimescolamento dell'ipolimnio cessa perché lo strato superiore più caldo "galleggia" su quello sottostante più freddo. Il rimescolamento continua all'interno dell'epilimnio e facilita lo scambio dell'ossigeno con l'aria. Nello strato illuminato inizia lo sviluppo primaverile del fitoplancton, reso evidente dalla diminuzione di trasparenza e dall'aumento di clorofilla. In questo periodo si esegue ripetutamente il monitoraggio con la sonda e il disco di Secchi per individuare il massimo valore della clorofilla e il minimo della trasparenza nel periodo di fioritura algale.

Periodo di massima stratificazione – Da Aprile il lago inizia a stratificarsi ed assume caratteristiche fisiche e chimiche diverse in funzione della profondità. A Dicembre e Gennaio si raggiunge il periodo della "massima stratificazione", che è conseguenza delle trascorse vicende estive e autunnali. Nella parte illuminata il TP diminuisce perché utilizzato dal fitoplancton. Al fondo il TP aumenta a causa delle spoglie animali e vegetali, che vi sedimentano. Al fondo l'ossigeno diminuisce o si esaurisce a causa del suo utilizzo da parte delle spoglie che si ossidano. La sonda multiparametrica rivela la situazione dell'ossigeno e misura lo spessore dell'eventuale strato anossico. Le analisi mostrano la diversa distribuzione spaziale delle sostanze chimiche, in particolare al fondo dove si manifesta la massima concentrazione di TP eventualmente aumentata da rilasci dai fondali (carico interno). Nel caso di anossia sono interessati anche altri parametri come l'azoto ammoniacale che rivela la presenza di putrefazione in atto. Nelle pagine che seguono si presentano i monitoraggi dei periodi significativi dell'anno 2015.

Monitoraggio del 29/3/15 nel periodo di rimescolamento

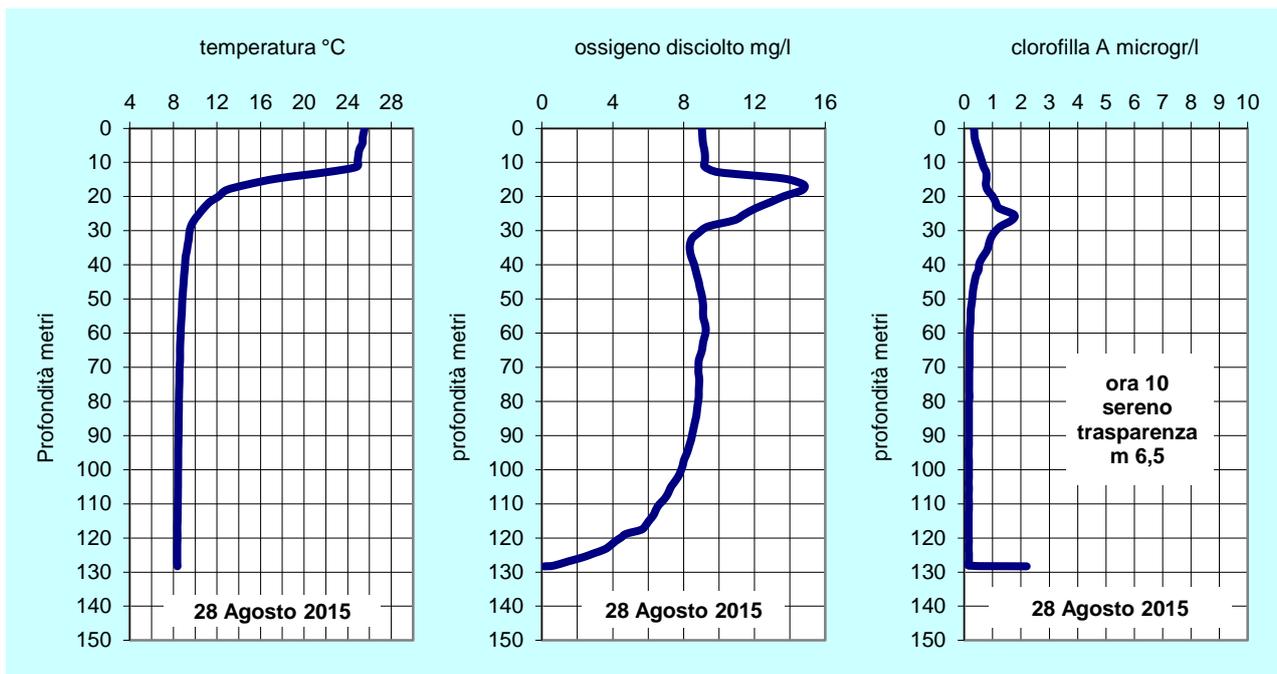
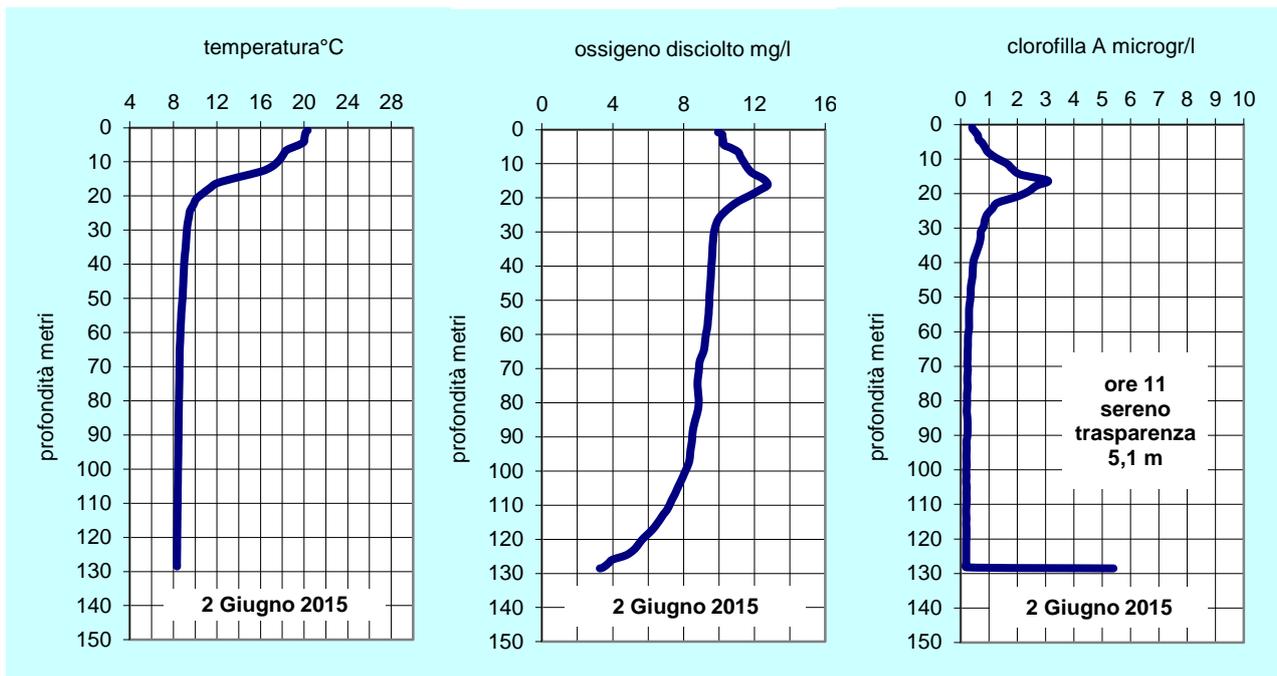


Lago di Bolsena - Pelagica sud - 42° 35 N - 11° 56,5 E . Prelievo del 19 Marzo 2015

Prof.	Temp.	O ₂	pH	C ₂₀ °C	T.Alc.	Cl	SO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	Ca	Mg	Na	K	RP	TP	TN
m	°C	mg l ⁻¹		µS cm ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	µg l ⁻¹	µg l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	µg l ⁻¹	µg l ⁻¹	mg l ⁻¹
0	9,5	10,9	8,25	486	4,072	29,7	18,7	83	6	19,7	15,9	42,7	48,9	4	10	0,26
20	8,6	10,3	8,27	486	4,067	29,4	19,6	87	8	19,7	15,1	42,8	48,9	6	11	0,27
30	8,5	10,1	8,24	487	4,076	29,8	20,1	94	7	19,7	15,0	42,8	49,0	8	12	0,25
50	8,5	9,9	8,22	487	4,067	29,8	19,4	99	8	19,7	14,8	42,8	49,0	7	12	0,28
100	8,4	8,6	8,05	480	4,075	29,6	19,6	124	5	20,3	15,0	43,0	49,2	14	19	0,28
115	8,3	5,4	7,85	494	4,119	29,8	19,5	128	5	20,9	15,0	43,1	49,3	25	31	0,31
128	8,2	3,9	7,78	494	4,158	29,8	19,4	159	6	21,1	15,0	43,2	49,4	27	32	0,32

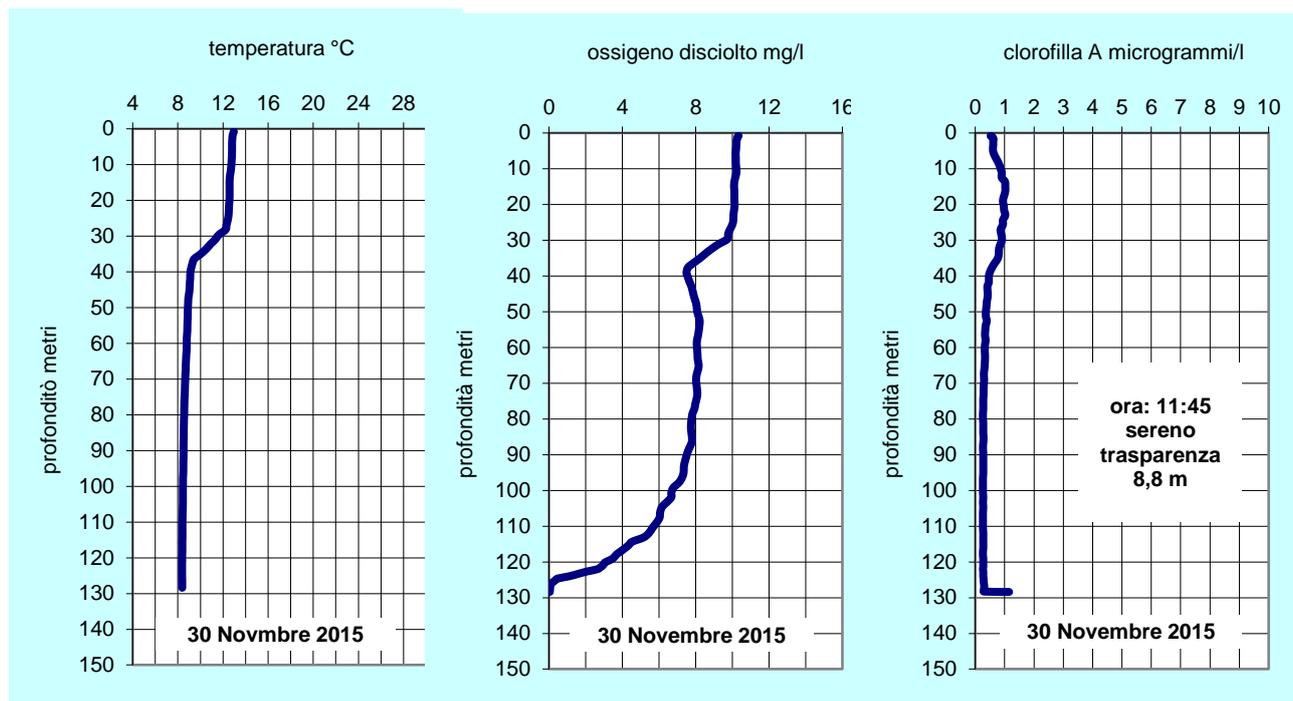
Il 1° marzo fu fatta una registrazione multiparametrica dalla quale risultò che il lago si era rimescolato solo fino a 70 metri per cui furono rinviati i prelievi dei campionamenti da analizzare. Ne giorni successivi si ebbero fortissimi venti di tramontana, mai visti a memoria di uomo. Secondo il dialetto locale si formavano “le naspe” (plurale di naspi) ossia spume bianche, sollevate dalle onde infrante sull’angolo della rupe dell’isola Martana, le cui schiume si avvolgevano come fusi vorticosi che per un tratto correvano sul lago trasportati dal vento. Il 19 marzo, ormai certi che il lago si fosse completamente rimescolato a seguito di tale eccezionale tramontana furono prelevati i campioni e contestualmente registrato la colonna con la sonda multiparametrica. Da quest’ultima, con sorpresa, si è constatato che il lago non si è rimescolato completamente, ma solo fino a 120 metri. Dato che la temperatura in superficie iniziava ad aumentare si è proceduto con i prelievi. Notare la presenza di clorofilla nella zona non illuminata dovuta al trascinarsi verso il basso del fitoplancton che non ha mezzi propri di movimento. La temperatura al fondo supera 8 °C, segno di un aumento globale della temperatura. In conclusione la stagione di stratificazione successiva inizia con scarsa quantità di ossigeno al fondo.

Monitoraggi nel periodo della fioritura algale



In aprile e maggio la fioritura algale è stata modesta e non la riportiamo. Si è manifestata in giugno con una trasparenza ridotta a m 5,1. Il massimo sviluppo del fitoplancton e quindi dell'ossigeno si è verificato a circa 18 metri. Se il rimescolamento registrato in marzo avesse raggiunto il fondo avrebbe portato in superficie il fosforo totale ivi accumulato e lo sviluppo del fitoplancton sarebbe stato maggiore. In agosto la temperatura ha raggiunto 26 gradi come negli anni precedenti. Lo strato continuamente rimescolato è di 21 metri. In esso l'ossigeno prodotto dal fitoplancton è disperso nell'atmosfera. Il contenuto di ossigeno registrato nell'epilimnio è inferiore rispetto a Giugno a causa dell'aumento della temperatura. Sotto lo strato rimescolato l'ossigeno prodotto dal fitoplancton rimane intrappolato. Si libererà in autunno quando lo spessore dello strato rimescolato sarà aumentato. Preoccupa il fatto che in agosto, l'ossigeno al fondo risulta già esaurito.

Monitoraggio nel periodo di massima stratificazione



Lago di Bolsena - Pelagica sud - prelievo del 30 Novembre 2015

Prof.	Temp.	O ₂	pH	$\chi_{20^{\circ}\text{C}}$	T.Alc.	Cl	SO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	Ca	Mg	Na	K	RP	TP	TN
m	°C	mg l ⁻¹		$\mu\text{S cm}^{-1}$	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	$\mu\text{g l}^{-1}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	$\mu\text{g l}^{-1}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	mg l ⁻¹
0	13,0	10,3	8,58	489	4,138	29,6	18,7	36	5	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	4	8	0,22
20	12,6	10,1	8,58	489	4,130	29,8	19,9	33	4	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	6	7	0,22
30	11,6	9,7	8,27	491	4,147	29,4	19,7	90	4	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	3	7	0,25
50	8,9	8,1	8,12	493	4,155	29,4	19,5	181	3	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	6	7	0,30
100	8,5	6,8	7,99	495	4,170	29,5	19,6	203	4	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	22	23	0,32
115	8,4	4,3	7,88	497	4,197	29,4	19,5	238	3	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	27	32	0,38
128	8,4	0,1	7,62	502	4,294	29,6	20,1	128	132	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	95	108	0,49

Il grafico dell'ossigeno mostra al fondo uno strato anossico di circa 5 metri. Il tabulato dell'analisi evidenzia nello strato al fondo un valore del TP che è il più alto registrato da quando si eseguono i monitoraggi. Evidenzia anche la presenza di azoto ammoniacale da attribuire ad un processo di demolizione della sostanza organica sedimentata. Bisogna considerare che il prelievo è stato fatto in novembre: a fine gennaio la situazione sarebbe risultata peggiore.

Le analisi dei campioni d'acqua prelevati alle varie profondità sono numerose. Sono essenziali quelle del fosforo e dell'ossigeno in quanto sono la causa delle variazioni degli altri parametri che ne subiscono gli effetti. Vengono eseguite per completare il quadro chimico ad uso degli esperti. Ad esempio nello strato al fondo si osserva: la conducibilità elettrica aumenta con i soluti; l'azoto ammoniacale segnala presenza di demolizione anossica; ecc. sono tutte conseguenze dell'anossia e dell'accumulo di spoglie non ossidate.

Il trend qualitativo del lago di Bolsena

Il trend qualitativo del nostro lago si può dedurre in modo semplificato confrontando la concentrazione del Fosforo Totale (TP), nel corso degli ultimi 12 anni dedotto dai tabulati chimici sottostanti ed il contenuto di ossigeno disciolto al fondo.

Il tabulato A delle analisi chimiche effettuate nel periodo di massimo rimescolamento mostra che nel 2005 vi è stato un uniforme contenuto di PT di 8 µg/l a tutte le profondità, per cui in queste condizioni è stato facile interpretare che il contenuto medio del lago in quell'anno era appunto 8 µg/l. Anche dalle registrazioni multiparametriche risultò un perfetto rimescolamento da manuale.

Dallo stesso tabulato A risulta che il successivo anno in cui è avvenuto un uniforme contenuto del PT è il 2011, con 13 µg/l. La contestuale registrazione multiparametrica ha registrato anche in questo anno un rimescolamento completo da manuale. La facile conclusione è che nel 2005 il lago conteneva 8 µg/l e che nel 2011 ne conteneva 13. L'aumento del TP del 60% in 6 anni dimostra un trend disastroso che va fermato.

Negli anni in cui non si è verificato un perfetto rimescolamento si è fatto ricorso ad una valutazione ponderale attribuendo a ciascun prelievo una percentuale di volume di lago, ma è un calcolo che comporta qualche incertezza. Tuttavia, per quanto la valutazione sia approssimativa, mostra che un notevole aumento del PT è avvenuto nel 2008, presumibilmente dovuto all'anossia al fondo avvenuta nel 2007 (tabella B) che ha causato il rilascio di fosforo dai fondali.

Tabella A - Fosforo Totale nel periodo di massimo rimescolamento (TP) in µg/l

Prof. m	Vol. %	2004	2005	2006	2007*	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0	12	9	8	9	6	9	11	9	13	11	9	8	10
20	15	9	9	9	7	10	10	10	12	12	9	8	11
30	14	9	8	9	6	11	10	7	13	12	9	7	12
50	28	9	8	11	4	10	9	10	13	13	10	7	12
100	23	9	8	12	7	15	16	14	13	13	12	23	19
115	5	10	8	12	13	21	21	16	13	12	16	31	31
130	3	11	8	12	37	23	25	21	13	12	26	47	32
TP media ponderale		9,1	8,1	10,5	7,5	12,1	12,2	11	13	12,5	11	13,3	14,8
tonnellate		84	75	97	69	111	112	101	119	110	101	122	136

* Nel 2007 il prelievo è stato effettuato tardivamente all'inizio della fioritura algale nella speranza che migliorasse il rimescolamento

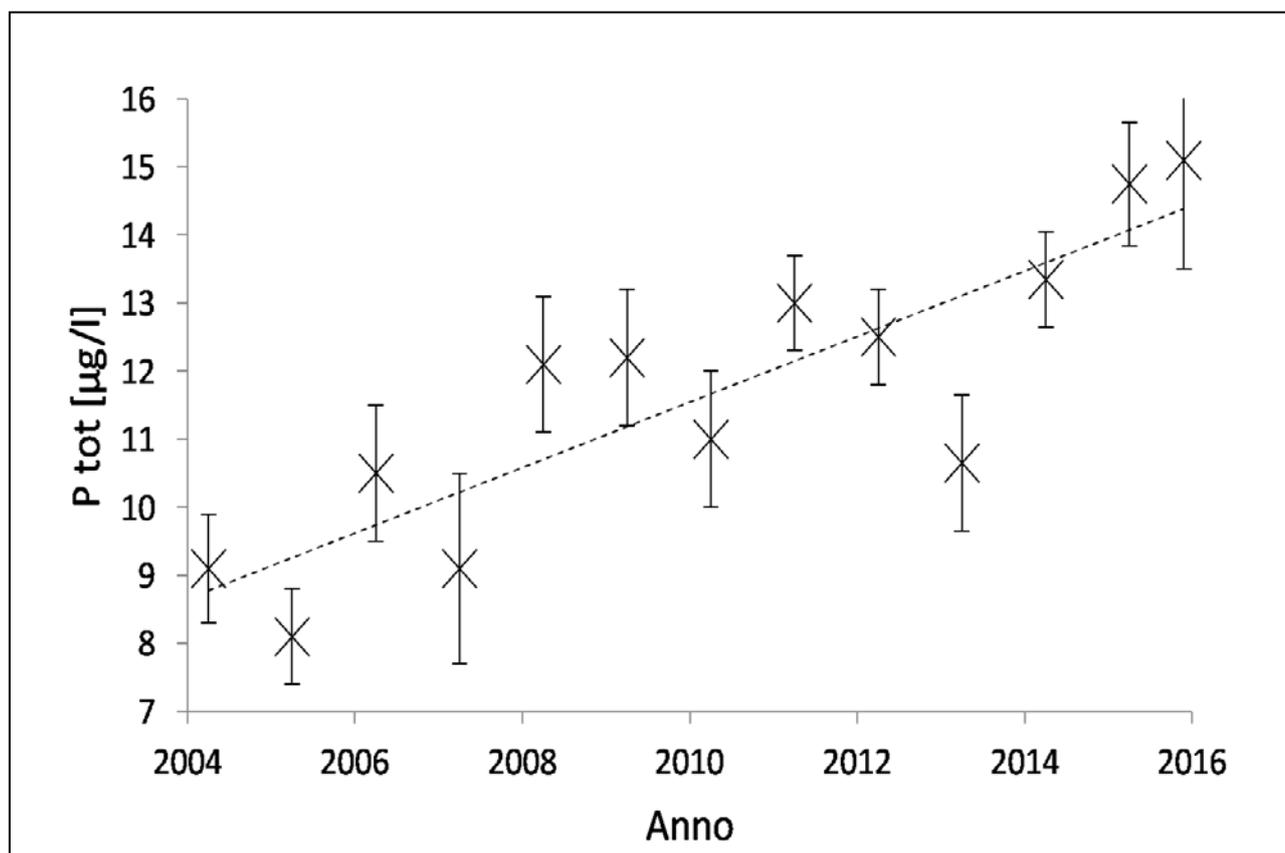
Tabella B - Fosforo Totale in µg/l nel periodo di massima stratificazione

Prof. m	Vol. %	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0	12	6	8	7	7	6	7	7	7	9	8	7	8
20	15	7	8	6	6	7	6	7	8	8	8	7	7
30	14	6	8	4	8	7	5	7	7	8	7	6	7
50	28	4	5	4	6	5	4	6	6	10	7	5	7
100	23	7	10	15	18	9	21	18	16	17	23	27	23
115	5	10	17	16	23	27	40	26	19	24	n.d.	36	32
130	3	35	38	54	99	74	66	55	70	42	47	59	108
N amm. µg/l		6	15	33	94	28	4	19	13	5	10	57	132
O ₂ fondo mg/l		0	2,2	0	0	0,3	1,8	0	0	0,3	1,4	0	0
Anoss. metri		2	0	0,5	7	0	0	5	0	0	0	6	5

La tabella B mostra la continuazione del degrado al fondo in termini di anossia, fosforo e azoto ammoniacale. Lo strato anossico a fine novembre era di 5 metri, se fosse stato rilevato a fine dicembre o in gennaio sarebbe stato ancora di più. Uguale osservazione per il fosforo totale e per l'azoto ammoniacale che hanno raggiunto i valori massimi nel periodo osservato.

Il grafico che segue mostra il trend del fosforo totale ricavato dalla media ponderale indicata nella tabella A. Non occorrono molti commenti per evidenziare la drammaticità del degrado in corso che ci porterà alla situazione del Lago di Vico che presenta alghe tossiche ed un alto grado di anossia. Con la differenza che il volume di acqua del lago di Bolsena è 20 volte superiore a quello di Vico e quindi si va verso un degrado non reversibile.

Riassumendo: il fosforo che giunge al lago dal bacino imbrifero, viene in gran parte metabolizzato dal fitoplancton, da questo passa agli altri componenti dell'ecosistema che se ne cibano secondo la catena alimentare. Alla fine della loro vita le spoglie dei vegetali e degli animali, cadono verso il fondo del lago assieme al fosforo che contengono. Qui viene tutto o in parte mineralizzato in funzione dell'ossigeno ivi presente. Se la quantità di fosforo in arrivo dal bacino supera quella che l'ecosistema riesce a mineralizzare, la quantità in esubero rimane disciolta nel lago dove si somma a quella accumulata precedentemente. Il processo diventa esponenziale anche perché l'anossia al fondo libera e rende solubile parte del fosforo precedentemente fissato al fondo.



Le cause sono varie e di varia importanza, tutte note e caratterizzate dal generale disinteresse: gli sversamenti del disastroso collettore detto circumlacuale; il mancato completamento di circa 7 km di detto collettore; l'agricoltura intensiva irrigata; i tombini stradali nei quali viene riversato di tutto (inizialmente erano collegati al collettore e quindi al depuratore); le fosse biologiche a perdere; i serbatoi interrati di gasolio che si ossidano e perdono: alcune fognature comunali che perdono o sono scaricate in fossi affluenti; i motori fuoribordo a miscela; la pastura per la pesca della carpa; l'abusivismo degli scarichi; lo sviluppo urbanistico e il moltiplicarsi dei camping; ecc. Il male dei laghi inizia dal fondo, siccome nessuno lo vede tutti se ne disinteressano, ma quando si vede in superficie è troppo tardi per porvi rimedio. Il lago di Vico insegna.

Conclusioni

Aspetti quantitativi

Il lago ha un male congenito che è il lunghissimo tempo di ricambio dovuto alla modesta superficie del bacino idrogeologico e alla scarsità delle piogge. I prelievi idrici dal bacino sono eccessivi: circa 40 milioni di metri cubi all'anno a fronte dei 35 rimasti all'emissario. I grafici a pagina 29 mostrano che la pioggia può variare da 500 a 1400 mm/anno. Negli anni 1993-94-95 la siccità ha colpito tre anni consecutivi, altro anno siccitoso è stato il 2007. Che il lago sia al limite lo dimostra il fatto che in casi così avversi di siccità non si riesce a mantenere entro i parametri programmati né il livello del lago né il deflusso minimo vitale dell'emissario.

Alcuni anni fa, su richiesta dell'Associazione Lago di Bolsena, la Regione Lazio aveva installato nel porto di Marta una stazione che misurava precipitazioni, umidità, temperatura dell'aria, direzione e velocità del vento e livello del lago. Era una costosa stazione che non ha mai funzionato, infine è stata tolta per modifiche al porto.

La misura di quei parametri, unitamente alla portata dell'emissario e alla misura della quantità dei prelievi idrici, sarebbe essenziale per elaborare previsioni quantitative del livello del lago e per sviluppare un modello matematico del mescolamento con le potenziali conseguenze sulla ossigenazione delle acque profonde nell'ipotesi di un ulteriore aumento della temperatura secondo gli scenari climatici previsti dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Auspichiamo quindi il ripristino di una stazione di misura più affidabile della precedente.

Aspetti qualitativi

Il grafico della pagina precedente non lascia spazio ad ottimistiche interpretazioni. L'Unione Europea ha classificato il lago di Bolsena ZSC (Zona Speciale di Conservazione) ed ha iniziato una procedura di pre-infrazione contro l'Italia per non avere predisposto delle misure atte a "conservare" e "ripristinare" lo stato ecologico del lago. "Ripristinare" significa riportare il fosforo totale ad una concentrazione inferiore a 10 µg/l. A seguito della procedura la Regione Lazio ha proposto tre misure: (1) modificare la pesca della carpa; (2) modificare le ancore delle imbarcazioni e (3) mantenere il livello del lago allo stato attuale.

Sono tre misure palesemente inefficaci e non adeguate all'urgenza di ridurre il drammatico aumento del fosforo che potrebbe diventare esponenziale in un prossimo futuro. Giunge notizia che il collettore sarà presto riparato, ma niente è stato previsto per il completamento del tratto mancante ed altre carenze del sistema fognario.

Secondo la direttiva 2000/60/CE recepita con il D.L. 3/4/2006 n.152 i laghi che nel 2008 erano in stato "sufficiente" dovevano migliorare a "buono" entro il 2015. Lasciamo perdere la definizione di "buono" che nel tempo è cambiata, quello che conta è che il lago è peggiorato invece di migliorare. L'ARPA Lazio, che è l'ente ufficiale che per legge stabilisce l'attendibilità ha certificato nel 2012-13 (non abbiamo i dati 2014-15) che lo stato del lago è migliorato a "buono", ciò malgrado che dal 2008 non vi siano stati provvedimenti correttivi. Occorre un arbitrato indipendente, preferibilmente coordinato dalla UE.



In seguito al costante e attento lavoro svolto dall'associazione animalista Irriducibili Liberazione Animale, la Provincia di Viterbo ha rinunciato all'eradicazione delle oche canadesi dal Lago di Bolsena, iniziata nella primavera 2015, su richiesta dall'amministrazione comunale di Capodimonte . Le oche canadesi potranno starsene libere nel lago di Bolsena senza essere sterilizzate. Non sappiamo quanto durerà perché nulla è per sempre, ma almeno per un po' le oche staranno in pace.