



La crisi idrica nel Lazio: un focus sul lago di Bracciano

La siccità e i suoi potenziali impatti sugli ecosistemi e sulla biodiversità. Scarse precipitazioni, alte temperature, prelievi urbani su scala vasta, emungimenti locali e agricoli, errori infrastrutturali: un mix drammatico per la risorsa idrica. Un modello tutto da ripensare

Lidia Cangemi, Luciana Carotenuto, Fulvio Cerfolli, Federica Claroni, Vito Consoli, Marco De Cicco, Luigi Dell'Anna, Lucina Giacopini, Dario Mancinella, Diego Mantero, Franco Medici, Tamara Nale, Maurizio Testardi, Stefano Sarrocco



9 788865 315156

ISSN 1123-5489



9 771123 548007

01745



Ga

GAZZETTA
ambiente
RIVISTA SULL'AMBIENTE E IL TERRITORIO



Redazione

Direttore responsabile
Raffaele Fiengo

Direttore editoriale
Giuseppe Fiengo

Condirettori
Antonella Anselmo, Roberto Sinibaldi

**Responsabile settore
Rifiuti e risanamento ambientale**
Maurizio Pernice

**Responsabile settore
Aree protette e sostenibilità**
Roberto Sinibaldi

Caporedattore
Susanna Tomei

Hanno scritto sul n 4-5/2017:
Lidia Cangemi, Luciana Carotenuto,
Fulvio Cerfolli, Federica Claroni, Vito Consoli
Marco De Cicco, Luigi Dell'Anna,
Lucina Giacomini, Dario Mancinella,
Diego Mantero, Franco Medici, Tamara Nale,
Maurizio Testardi, Stefano Sarrocco

Comitato scientifico
Giuseppe Campos Venuti, Sandro Amorosino,
Lorenzo Bardelli, Marco D'Alberti,
Simone Franceschini, Stefano Grassi,
Fabrizio Lemme, Franco Gaetano Scoca,
Roberto Sinibaldi, Gianfranco Tamburelli,
Giuliano Tallone, Marcello Vernola

Sede Redazione
Via G. D. Romagnosi, 3 - 00196 - Roma
Tel. Fax: 06.39738315 r.a.
www.gazzettaambiente.it
redazione@gazzettaambiente.it

Foto di copertina di Diego Mantero

Convenzioni di collaborazione scientifica con:

Editore



Edizioni Alpes Italia

Via G. D. Romagnosi, 3 - 00196 Roma
Tel. Fax: 06.39738315 r.a.
info@alpesitalia.it
www.alpesitalia.it

L'Editore è a disposizione degli aventi diritto con i quali non gli è stato possibile comunicare, nonché per eventuali involontarie omissioni o inesattezze nella citazione delle fonti dei brani e delle illustrazioni riprodotti nel seguente volume.

ABBONAMENTO E ACQUISTO

Per abbonamenti e numeri correnti/arretrati

Prezzo del fascicolo euro 22,00
Abbonamento annuale euro 120,00
Abbonamento annuale estero: euro 190,00
Prezzo del fascicolo arretrato euro 32,00

Modalità di pagamento

Bonifico bancario su Banca Popolare di Milano
IBAN IT13U0558403236000000000800
beneficiario: ALPES ITALIA SRL
e-mail: abbonamenti@gazzettaambiente.it
Tel. Fax 06.39738315

Finito di stampare nel mese di aprile 2018 da

Tipolitografia Petrucci Corrado & C. s.n.c.
via Venturelli, 7
Zona industriale Regnano 06012 Città di Castello (PG)
su **Carta ecologica** realizzata con materia prima (cellulosa)
ottenuta da foreste rinnovabili

Reg. Trib. N. 286 del 27 giugno 1994 (ai sensi della Decisione della
Corte d'Appello di Roma, I Sez. Civile del 10 febbraio 1999).

Reg. telematica, Trib. Roma N. 118 del 13 luglio 2017.



Regione Lazio, Direzione Capitale naturale, parchi e aree protette



Università Taras Shevchenko-Kiev



Risorse idriche

La crisi idrica di alcuni laghi nella Regione Lazio e i suoi potenziali impatti sugli ecosistemi

Prospettiva storica sulle variazioni climatiche dei laghi vulcanici laziali <i>di Diego Mantero</i>	9
Caratterizzazione dell'idrostruttura sabatina <i>di Maurizio Testardi</i>	21
Dati termo-pluviometrici dell'area sabatina. Serie storiche <i>di Maurizio Testardi</i>	31
Dati termo-pluviometrici dell'area sabatina. Periodo 2004-2017 <i>di Dario Mancinella</i>	39
La difficile vita dei laghi della Provincia di Roma <i>di Franco Medici</i>	53
Strategie di studio e recupero degli ecosistemi lacuali (Direttiva 2000/60/CE): un modello di sperimentazione sul lago di Bracciano <i>di Lidia Cangemi, Federica Claroni, Franco Medici, Tamara Nale</i>	71
Invertebrati, anfibi e rettili tutelati <i>di Luigi Dell'Anna e Marco De Cicco</i>	81
Habitat d'interesse comunitario e altri habitat e specie vegetali d'interesse conservazionistico <i>di Luciana Carotenuto</i>	89
Ittiofauna <i>di Stefano Sarrocco</i>	109
Il segreto mondo degli Arpacticoidi del lago di Bracciano <i>di Fulvio Cerfolli</i>	117
Avifauna..... <i>di Stefano Sarrocco</i>	129
Gestione idrica nella ruralità antica. Proposte dal passato..... <i>di Diego Mantero, Lucina Giacomini</i>	149
Il bene "liquido": riflessioni sull'acqua, fonte di vita..... <i>di Vito Consoli</i>	159
Conclusioni..... <i>di Diego Mantero</i>	165

DOCUMENTI

Formulario standard IT6030010 SIC Lago di Bracciano	170
Formulario standard IT6030085 ZPS Comprensorio Bracciano-Martignano.....	176
Deliberazione Giunta Regionale - numero 159 del 14/04/2016 <i>Adozione delle Misure di Conservazione finalizzate alla designazione delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC), ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (Habitat) e del D.P.R. 357/97 e s.m.i. – codice IT60300 (Roma)</i>	183

La crisi idrica di alcuni laghi nella Regione Lazio e i suoi potenziali impatti sugli ecosistemi

Il 2017 verrà ricordato come annus horribilis per la drammatica siccità che ha interessato tutta l'Italia, in particolare le regioni centrali e settentrionali, con un fortissimo deficit di precipitazioni verificatosi in tutto l'arco dell'anno; dinamica, questa, che si inserisce appieno in quel processo acclarato dalla comunità scientifica come global warming. Un dato su tutti: l'apporto meteorico sulla costa medio tirrenica è stato di circa 200 mm per l'intero corso del 2017, valori che si pongono nella media di un paese del Maghreb come la Tunisia e che, per esempio, stanno concorrendo a mutamenti ecosistemici nelle zone umide litoranee e interne. L'aumento delle presenze di fenicottero rosa negli stagni di Orbetello, Burano, Saline di Tarquinia, pur rivestendo interesse e suggestione è anche sintomo di processi di salinizzazione dei corpi idrici, determinato dall'abbassamento dei livelli delle acque, con ciò che ne consegue.

I fiumi, i laghi ma anche gli acquiferi del Lazio hanno tutti risentito pesantemente della siccità del 2017: il caso del lago di Bracciano è stato uno dei più drammatici dal punto di vista idrometrico e anche dei più eclatanti sul piano mediatico, quando d'estate "piovevano" in televisione e sui social foto e video delle spiagge del lago molto più estese del solito e senza turisti.

In seno alle strutture amministrative della Regione Lazio, la Direzione Capitale naturale, Parchi e Aree Protette si era interessata alla crisi idrica del lago già a febbraio del 2017, allarmata dall'evidenze del deficit idrico che iniziava a manifestarsi, non solo nell'area sabatina, ove ricade il lago di Bracciano, ma anche nell'ambito di altri acquiferi di notevole portata, come quelli della dorsale carbonatica appenninica, con drammatiche riduzioni degli apporti meteorici, della portata dei corsi d'acqua superficiali e della conseguente ricarica degli acquiferi. Nei mesi primaverili la situazione critica dei livelli dei bacini lacustri diveniva ben evidente e metteva chiaramente in luce il problema del mancato apporto di precipitazioni avvenuto nei mesi precedenti, esacerbato da scelte sull'uso della risorsa idrica e del territorio sempre meno sostenibili, in particolare del lago di Bracciano.

Il protrarsi della scarsità di precipitazioni in estate e in buona parte dell'autunno ha determinato l'attuale (gennaio 2018) livello di - 200 cm rispetto alla quota di 163 m s.l.m. nota dalle batimetriche, un livello certamente inedito nell'ambito della storia recente del bacino, un processo che nella storia più lontana si è più volte manifestato ma, con tutta probabilità, quasi sempre in modo più graduale e meno repentino.

Un abbassamento di circa due metri in un corpo idrico profondo 165 metri potrebbe apparire una cosa di poco conto; tuttavia la regressione della linea di riva provoca profonde alterazioni agli ecosistemi che occupano la fascia ripariale e i primi metri di profondità del corpo idrico: in un lago "in salute", questa è la zona più ricca di biodiversità tra fondale, colonna d'acqua e superficie, molto più del corpo definito da batimetrie profonde, dove la scarsità di luce e vari fattori fisici e chimici diventano limitanti per molte specie.

*Il lavoro che qui presentiamo, curato da **Diego Mantero** e **Roberto Sini-baldi**, non è - né pretende di esserlo - un saggio di carattere scientifico che presenti dati inediti sugli aspetti idrologici e sugli ecosistemi del lago di Bracciano, Nemi e Albano; si inquadra, invece, nell'ambito dell'azione tecnico-amministrativa che la pubblica amministrazione deve sostenere partendo (in particolare per Bracciano) dall'ascolto delle istanze territoriali (Comuni, Ente Parco Bracciano-Martignano, stakeholder, portatori di interessi diffusi, cittadinanza), dagli allarmi della comunità scientifica, dalla necessità e dall'obbligo normativo di preservare gli ecosistemi, in primis, quelli tutelati dalla rete europea Natura 2000, che trovano piena espressione nel lago di Bracciano, proprio in quelle porzioni "tra acqua e terra" definite da zone semisommerse e basse profondità.*

Questi input hanno spinto la Direzione Capitale Naturale, Parchi e Aree Protette a interrogarsi sui potenziali impatti a medio e a lungo termine del deficit idrico del 2017 sugli ecosistemi lacustri, in particolare sulle specie e gli habitat tutelati da Natura 2000 e su altre specie d'interesse conservazionistico a scala regionale e nazionale. La raccolta di relazioni tecniche qui presentata è la risposta a tale domanda e rientra nel procedimento amministrativo attivato dalle istanze sopra citate e dagli obblighi di legge: la tutela della biodiversità e della geodiversità, l'attuazione delle direttive Habitat e Uccelli e la governance delle aree protette rientrano nelle competenze istituzionali della direzione regionale.

Come accennato in precedenza, una particolare attenzione è stata riservata ai siti della rete Natura 2000 che coincidono, in tutto o in parte, con il lago di Bracciano: la Zona di Protezione Speciale IT6030085 "Comprensorio Bracciano - Martignano" e la Zona Speciale di Conservazione (ZSC) IT6030010 "Lago di Bracciano", istituiti rispettivamente ai sensi delle Direttive 2009/147/CE "Uccelli" e 92/43/CEE "Habitat". La tutela delle specie e

degli habitat d'interesse comunitario e il mantenimento della coerenza della rete Natura 2000 sono in capo alle regioni e alle province autonome ai sensi dell'art. 4 del D.P.R. 357/1997 relativo all'attuazione di tale Direttiva; la Regione Lazio, con D.G.R. 159/2016, ha adottato le "misure per evitare il degrado degli habitat naturali e degli habitat di specie, nonché la perturbazione delle specie per cui le ZSC sono state designate [...]". La tutela degli elementi della ZSC e della ZPS e, in generale, della Rete Natura 2000 è dunque un obbligo di legge. Proprio in ottemperanza al mandato istituzionale, la Direzione Capitale naturale, parchi e aree protette ha prodotto nel 2017 anche varie informative sulla crisi idrica e sulle ricadute potenziali sull'ambiente in risposta a istanze di vario tipo, tra cui un question time al Ministro dell'Ambiente, interrogazioni parlamentari, del Consiglio Regionale e della Prefettura.

L'azione conoscitiva e informativa della Direzione si è tradotta concretamente, a livello precauzionale, nella sospensione del prelievo della risorsa idrica da parte del gestore ACEA ATO 2, su ordinanza del Presidente della Regione; si è anche concretizzata nel sostegno finanziario all'Ente Parco Bracciano - Martignano per monitorare a breve e medio termine lo stato degli ecosistemi e per realizzare azioni di salvaguardia di specie di interesse conservazionistico.

Un ulteriore contributo di carattere scientifico - tecnico è quello presentato da Franco Medici, del Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali Ambiente, "Sapienza" Università di Roma. Si affronta nello specifico il bilancio idraulico dei tre laghi della provincia di Roma (Albano, Bracciano e Nemi), applicando i metodi tradizionali del bilancio di massa in condizioni di stato stazionario. Si sono, inoltre, utilizzate le equazioni disponibili in letteratura e i dati meteorologici messi a disposizione dalla Regione Lazio nel periodo compreso tra il 1997 ed il 2017 (valori medi mensili di temperatura e precipitazione).

I risultati delle elaborazioni numeriche hanno messo in evidenza che l'abbassamento del livello idrometrico di riferimento dei tre laghi è dovuto a più cause e fenomeni diversi: per il lago Albano e di Nemi ad un abbassamento dei livelli della falda di ricarica, per il lago di Bracciano soprattutto agli esasperati prelievi su scala decennale dallo specchio lacustre ai fini dell'approvvigionamento dell'ambito ATO 2. Si presenta, infine, anche il bilancio delle acque nella Provincia di Roma e si evidenzia la dispersione d'acqua della rete idrica di adduzione gestita da Acea Ato 2. Di particolare interesse l'appello di Medici circa la necessità di organizzare un sistema organico di lettura interrelata tra problemi inerenti l'abbassamento dei livelli idrici e la qualità stessa delle acque, un sistema di cui necessariamente l'amministrazione regionale dovrà farsi carico e che dovrà coinvolgere, per le loro competenze, più attori a vario titolo. Appare chiaro che per affrontare quello che ormai non sembra essere relegabile all'eccezionalità, ma purtroppo inquadrabile nell'ambito di un trend consolidato - come risulta evidente anche dalle medie delle tempe-

rature dell'inverno in corso e dal perdurare del limitato apporto meteorico – dovrà essere messo in atto un ripensamento “culturale” sull'uso della risorsa idrica. Dalle azioni del singolo verso un bene primario, con un'attenzione rinnovata tesa al risparmio, supportati da programmi strutturati in vere e proprie campagne informative e didattiche, fino al ridisegno di tutte quelle azioni impattanti sul territorio. Quindi in ultima analisi al ripensamento della pianificazione urbanistica a diverse scale, all'agire localmente, a livello di sistema di bacino e oltre, per arrivare a comprendere il beneficiario finale, nel caso di Bracciano, l'intero ATO 2. Sembra del tutto assodato che non è più sostenibile un modello di confronto con il territorio – inteso nella sua accezione primaria – dove si continuano a proporre vecchi schemi di cementificazione e impermeabilizzazione dei suoli, di uso agricolo e industriale senza l'adozione di tecniche di contenimento e risparmio, di ingegneria idrauliche alla cui base non ci sia l'equazione: minor apporto/sostenibilità/recupero. Non marginale, anche come sottolinea Medici, l'intervento prioritario e non più rinviabile di un grande piano nazionale di riqualificazione funzionale delle reti, le cui perdite come è noto assommano ad oltre il 40% dell'intera risorsa addotta.

Una vera rivoluzione culturale, con tutti i suoi risvolti operativi, che si impone e che non può non prescindere da un ripensamento totale circa un uso consapevole della risorsa acqua. Dibattito da anteporre necessariamente al concetto di resilienza alla dinamica in atto. La resilienza infatti non può e non deve costituire l'alibi per la passività della risposta da metter in atto; un'azione invece fattiva nella piena considerazione del ruolo insostituibile della risorsa idrica, che, senza cadere nella retorica, costituisce l'elemento alla base del rapporto con le generazioni future e il garante della sopravvivenza degli ecosistemi, pur nel loro mutare.

Strategie di studio e recupero degli ecosistemi lacuali (Direttiva 2000/60/CE): un modello di sperimentazione sul lago di Bracciano

di Lidia Cangemi*, Federica Claroni*, Franco Medici**, Tamara Nale*

* Liceo Scientifico Statale "J. F. Kennedy", Roma

** Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali Ambiente, "Sapienza" Università di Roma

Introduzione

Il liceo scientifico "J.F.Kennedy" di Roma ha ottenuto nell'anno 2015 un finanziamento dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca per effettuare indagini sullo stato chimico-fisico-biologico delle acque del lago di Bracciano. L'analisi dei parametri è stata condotta nell'ottica di perseguire la salvaguardia ambientale del sistema lacustre al fine di ipotizzare possibili strategie di recupero degli standard ecologici. Il progetto si è articolato attraverso le seguenti fasi:

1. ricerca bibliografica finalizzata al reperimento dei dati disponibili in letteratura,
2. campionamento in situ con il coinvolgimento degli studenti del liceo,
3. elaborazione e analisi dei dati.

Le analisi sono state condotte seguendo le indicazioni della Direttiva 2000/60/CE del 23 Ottobre 2000, che individua un protocollo quadro riguardo l'azione comunitaria in materia di acque. In particolare l'articolo n. 1 chiarisce che lo scopo della Direttiva è istruire una metodologia per la protezione delle acque superficiali interne, di transizione, costiere e sotterranee, così da impedire il loro deterioramento e di conseguenza proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici, degli ecosistemi terrestri e delle zone umide.

L'allegato V, nell'individuare lo stato delle acque superficiali, stabilisce che i parametri chimici e chimico-fisico a sostegno degli elementi biologici si distinguono in:

- elementi generali (trasparenza, condizioni termiche, condizioni di ossigenazione, salinità, alcalinità, condizioni dei nutrienti)
- inquinanti specifici (inquinamento di tutte le sostanze individuate nell'allegato e delle quali è stato accertato lo scarico nel corpo idrico);
- inquinamento da altre sostanze (delle quali è stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative).

Il lago di Bracciano, sito di interesse comunitario (SIC IT6030010), inserito nell'omonimo Parco Regionale, è un lago di origine vulcanica situato nel nord della città metropolitana di Roma: la sua superficie è di 56,5 km² ed è l'ottavo lago italiano per estensione, il terzo del centro Italia dopo il lago Trasimeno e quello di Bolsena. La sua profondità massima, scesa oggi a 160 metri, lo rende il sesto lago italiano per profondità ed il secondo del centro Italia dopo il lago Albano.

Il lago ha un emissario, il fiume Arrone che si origina sulla costa sudorientale e si getta nel mar Tirreno in località Maccarese. In passato questo fiume era caratterizzato da una portata superiore al metro cubo al secondo, ma a causa della derivazione realizzata negli anni '60 dall'ACEA (l'Acquedotto Paolo che porta a Roma l'acqua omonima nella zona di Monteverde Vecchio), il deflusso si è gradualmente ridotto fino ad annullarsi.

Negli ultimi anni il lago è stato esposto a varie cause di alterazione dovute sia alla crescente antropizzazione sia alle varie attività agricole e forestali, ma soprattutto all'aumento indiscriminato dei prelievi per scopo irriguo ed uso idropotabile. Tutto ciò ha comportato importanti modificazioni all'ecosistema lacustre con differenti criticità a seconda del comparto ecologico ed habitat del bacino lacustre, assai evidenti nella porzione ripariale. Proprio per il fatto che il lago di Bracciano è esposto a pressioni antropiche ed ambientali di vario genere e per il fatto che è un sito di interesse comunitario, tale sistema lacustre è stato scelto quale modello di sperimentazione. È noto inoltre che a causa degli ingenti prelievi da parte di ACEA cui è stato sottoposto il lago, e a causa della importante ed eccezionale siccità registrata nel 2017, il lago di Bracciano è al limite del punto di non ritorno per quanto riguarda le sue capacità auto depurative, come hanno evidenziato i ricercatori dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (Baccetti N. *et al.*, 2017). Dal mese di febbraio 2017 il lago ha cominciato a subire un forte abbassamento; nel mese di luglio 2017 è stato registrato un abbassamento pari a -163 cm sullo zero idrometrico (quota 163.04 metri slm, sfioro dell'Arrone) e pari a -184 cm il 28 dicembre 2017. Il valore di -184 cm è molto rilevante, se si pensa che a -150 cm sullo zero idrometrico la capacità di autodepurazione si riduce del 13.4% ed a -200 cm del 22.5% (CNR-IRSA, 2017).

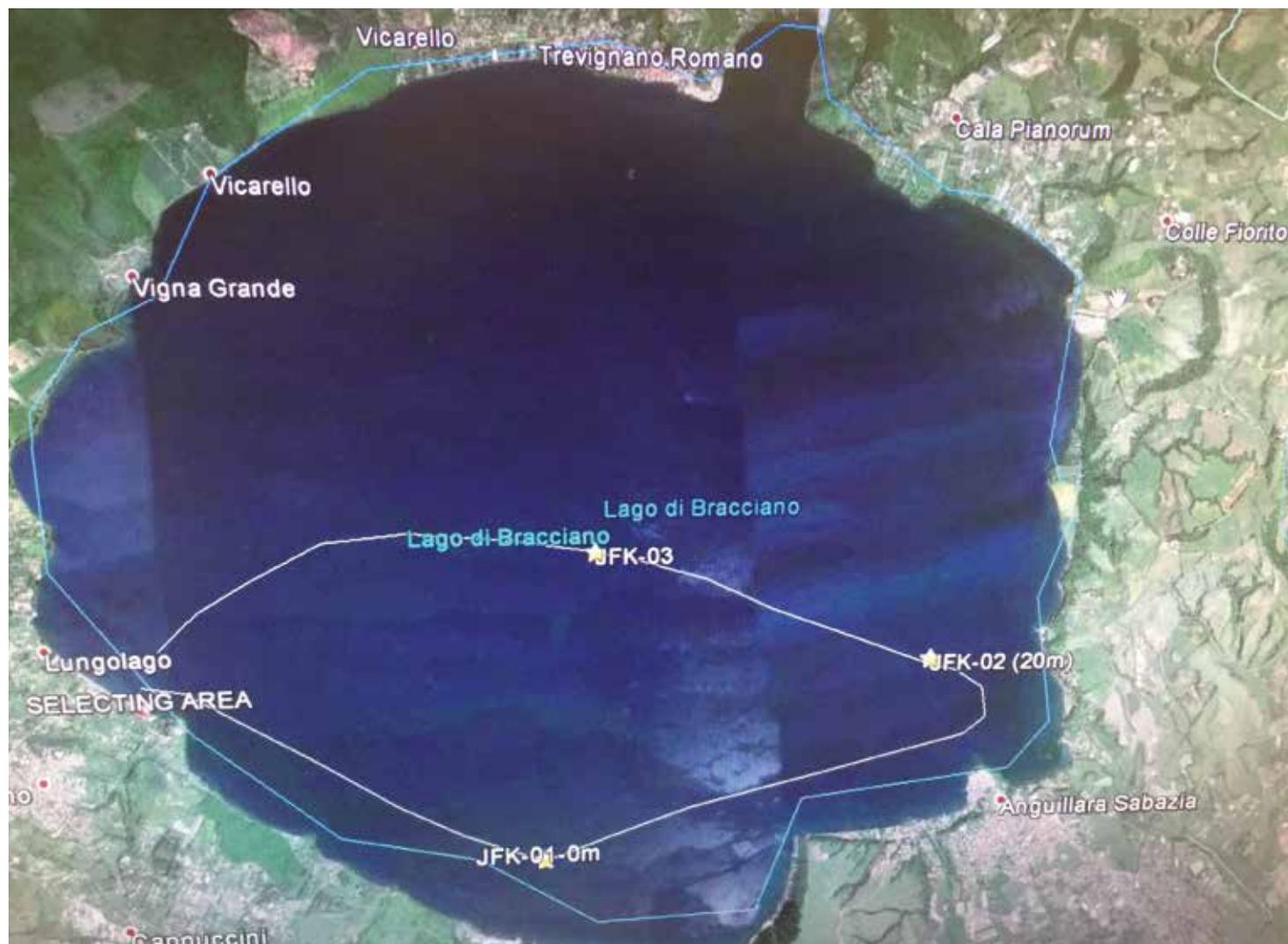
Figura 1.

Coordinate geodetiche dei punti di prelievo (WGS84),

JFK 1 42°05'28.2"N - 12°13'23.9"E,

JFK 2 42°06'16.1"N - 12°15'55"E,

JFK 3 42°06'59.1"N - 12°13'54.4"E.



Procedura e periodo di campionamento

La scelta dei punti di campionamento nel lago è stata effettuata considerando la profondità e il suo stato naturale. Il campionamento, finalizzato alle analisi chimiche, fisiche e microbiologiche, deve essere di supporto alla valutazione dello stato ecologico del corpo idrico, per cui i punti di prelievo sono stati scelti nel centro lago e in prossimità dei tre Comuni rivieraschi (gennaio, febbraio 2016 e giugno 2017) in condizioni poco disturbate dall'idrodinamica lacustre indotta artificialmente (lontano da infrastrutture e altri fattori di disturbo quali, ad esempio, gli scarichi dei fossi). I prelievi eseguiti nel mese di aprile 2017 sono stati, invece, effettuati in prossimità dei tre Comuni del lago a causa dell'impossibilità della navigazione dovuta alle condizioni meteorologiche sfavorevoli: forte vento e quindi acque del lago molto agitate. I punti di prelievo e le relative coordinate geodetiche (WGS84) sono riportate in **figura 1**.

Molte delle operazioni di campionamento sono state ostacolate dai livelli molto bassi dell'acqua del lago che hanno impedito la navigazione dal mese di settembre 2016 fino al mese di febbraio 2017. Il campionamento per la determinazione dei principali parametri è stato effettuato in posizione centrale rispetto allo sviluppo della superficie lacustre in modo da essere rappresentativo delle condizioni medie dell'ambiente e da non essere influenzato da fenomeni che si svolgono lungo le fasce litorali. In ogni campionamento si sono eseguite le seguenti misure: temperatura, ossigeno disciolto, pH e conducibilità con sonda multi parametrica.

Per ciascuna stazione, nella prima campagna di monitoraggio invernale relativa all'anno 2016 (gennaio e febbraio), i campioni sono stati prelevati a due profondità: in superficie (0 m) e a (- 5 m) con l'obiettivo di descrivere lo stato chimico dell'epilimnio, mentre nei mesi di aprile e giugno 2017 i prelievi sono stati effettuati solo in superficie. Il campionamento delle acque ha tenuto conto del fatto che la matrice è caratterizzata da una intrinseca variabilità delle caratteristiche di interesse, sia per quanto riguarda l'aspetto spaziale sulle tre dimensioni del lago (epilimnio, metalimnio e ipolimnio), sia per quello temporale.

Bilancio ionico

I campionamenti sono stati condotti in condizioni di massima circolazione invernale (gennaio-febbraio 2016). L'acqua del lago è stata prelevata a due livelli di profondità (0 m e -5 m), i campioni sono stati prelevati con bottiglie di campionamento con chiusura a distanza (bottiglie di Niskin). I valori di temperatura (T) e ossigeno disciolto (DO in mg/L) dei campioni prelevati sono stati misurati direttamente in loco, immediatamente dopo il prelievo utilizzando una sonda multi parametrica. I valori di pH e di conducibilità sono stati rilevati utilizzando, rispettivamente, un pHmetro e un conduttimetro, mantenendo il campione alla temperatura di 20 °C.

Le principali specie ioniche (Bicarbonati HCO_3^- , Cloruri Cl^- , Solfati SO_4^{2-} , Fluoruri F^- , Nitrati NO_3^- , Bromuri Br^- , Calcio Ca^{+2} , Magnesio Mg^{+2} , Potassio K^+ , Sodio Na^+) sono state analizzate utilizzando il metodo della cromatografia ionica.

I risultati globali delle analisi sono riportati nelle tabelle 1-4, per validare i risultati ottenuti si è effettuato il bilancio ionico delle specie presenti (anioni e cationi), i bilanci ottenuti sono congruenti, vale a dire la somma espressa in (meq/L) per gli ioni a carica positiva è uguale alla somma in (meq/L) degli ioni a carica negativa, in tutti e quattro i casi esaminati.

HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	Br ⁻	Somma anioni
3.206	1.529	0.620	0.107	0.015	0.002	5,479
Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	---	---	Somma cationi
1.136	1.006	2.172	1.173	---	---	5.487

Tabella 1.

Bilancio ionico (meq/L),
gennaio 2016, 0 m.

HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	Br ⁻	Somma anioni
3.557	1.290	0.634	0.109	0.010	n.d.	5,600
Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	---	---	Somma cationi
1.140	1.037	2.223	1.209	---	---	5.609

Tabella 2.

Bilancio ionico (meq/L),
gennaio 2016, -5 m.

HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	Br ⁻	Somma anioni
3.253	1.290	0.529	0.090	0.011	0.002	5,175
Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	---	---	Somma cationi
1.128	1.000	2.151	1.179	---	---	5.458

Tabella 3.

Bilancio ionico (meq/L),
febbraio 2016, 0 m.

HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	Br ⁻	Somma anioni
3.253	1.303	0.522	0.100	0.0081	0.002	5,188
Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	---	---	Somma cationi
1.133	1.025	2.229	1.215	---	---	5.602

Tabella 4.

Bilancio ionico (meq/L),
febbraio 2016, -5 m.

L'acqua del lago tra 0 e 5 m di profondità è caratterizzata da una concentrazione media di ioni compresa tra 5 e 6 (meq/L), con la prevalenza dello ione bicarbonato tra gli anioni e dello ione calcio tra i cationi. Per quanto riguarda gli anioni il bilancio ionico suggerisce che $\text{HCO}_3^- > (\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$, vale a dire i bicarbonati sono presenti in concentrazione superiore alla somma dei solfati e dei cloruri, in accordo con quanto determinato da altri ricercatori (Mosello R. *et al.*, 2004, Medici F. e Rinaldi G., 2008). Per quanto riguarda i cationi la concentrazione degli ioni Ca⁺² e Mg⁺² (durezza totale) è equivalente a quella del Na⁺ ma molto superiore a quella del K⁺.

Risultati complessivi analisi chimiche (2016-2017)

Nel loro complesso le analisi chimiche condotte dal liceo Kennedy negli anni 2016-2017, sono riportate nelle **tabelle 5 e 6**, hanno dato risultati in linea con i parametri chimici che stabiliscono i valori limite per la buona qualità delle acque destinate al consumo umano (D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31) ad eccezione di un parametro, quello dei fluoruri (il cui valore limite, secondo il citato decreto, è pari a 1,5 mg/L). La presenza dello ione fluoruro è caratteristica di acque in prossimità a zone vulcaniche (molte rocce magmatiche contengono fluoruro, tale ione è incluso infatti nei silicati delle rocce vulcaniche) ed è nota in letteratura; per il lago di Bracciano già in passato erano stati registrati valori di fluoruri pari a 1,7-1,8 mg/L (Martini P., 1987).

Per quanto riguarda le analisi dei metalli pesanti, i valori riscontrati durante la campagna di rilevazione sono nettamente inferiori ai valori limite e comunque la somma delle concentrazioni di tali elementi risulta inferiore a 50 µg/L.

Utilizzando i dati misurati nelle campagne di rilevamento degli anni 2006 e 2007 è stato possibile effettuare il confronto con analoghe campagne di misura del 2004 (Provincia di Roma e Arpa Lazio, 2004) e del 2006 (Catalani A. *et al.*, 2007). Per quanto riguarda le principali specie ioniche esaminate, si può notare, nei quattro periodi temporali esaminati (2004; 2006; 2016, 2017), un aumento della concentrazione dei fluoruri e dei cloruri e la contemporanea diminuzione dei solfati. Tutti i valori delle concentrazioni di tali sostanze sono stati rilevati nel centro lago.

Tabella 5.

Confronto tra alcuni parametri chimico-fisico rilevati nel periodo invernale.

	pH	T (°C)	Ossigeno disc. (mg/l di O ₂)	Conducibilità (µS/cm)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
Feb. 2004	8.10	11.2	9.79	465	0.28	1.50	98.5	8,00
Feb. 2006	7.50	10.8	n.d.	360	n.d.	1.41	26.50	55.30
Feb. 2016	8.06	10.3	9.13	697	0.68	1.89	26.45	50.44

	pH	T (°C)	Ossigeno disc. (mg/l di O ₂)	Conducibilità (µS/cm)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L) †	NH ₄ ⁺ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
Giu. 2004	8.50	20.7	8.5	580	<0.015	0.40	0.128	94,00
Giu. 2006	7.50	22.3	n.d.	413	n.d.	n.d.	n.d.	33.5
Giu. 2017	7.80	23.9	9.5	483	<0.015	<0.10	0.10	27.0

Risultati delle analisi microbiologiche (2016-2017)

Per quanto riguarda le analisi microbiologiche si è misurata la presenza di microrganismi quali l'Escherichia Coli e i Coliformi fecali, le analisi sono state effettuate secondo le procedure indicate dal D.Lgs. 30 maggio 2008 n° 116 (relativo alla gestione della qualità delle acque per la balneazione).

Valori elevati riguardo la presenza di Escherichia Coli e Coliformi totali sono stati rilevati durante il campionamento invernale (gennaio e febbraio 2016) in tutti e tre i punti di prelievo (JFK-01, JFK-02, JFK-03): i risultati delle misure sono riportate in figura 2 e 3. La presenza di microrganismi di origine fecale può essere messa in relazione con un elevato valore di conducibilità (697 µS/cm) misurato a febbraio 2016, tale valore è assai più elevato rispetto a quelli riportati dalla bibliografia (Catalani A. *et al.*, 2007) e successivamente rilevati nelle campagne di monitoraggio dell'anno 2017. Gli elevati valori misurati di microrganismi e di conducibilità sono stati probabilmente causati da fonti di inquinamento dovuto a sversamenti fognari che, per un gioco di correnti peculiari del lago, si sono concentrati nel centro dello stesso proprio dove sono state condotte le analisi nella campagna di febbraio 2016.

Tabella 6.

Confronto tra alcuni parametri chimico-fisico rilevati nel periodo estivo.

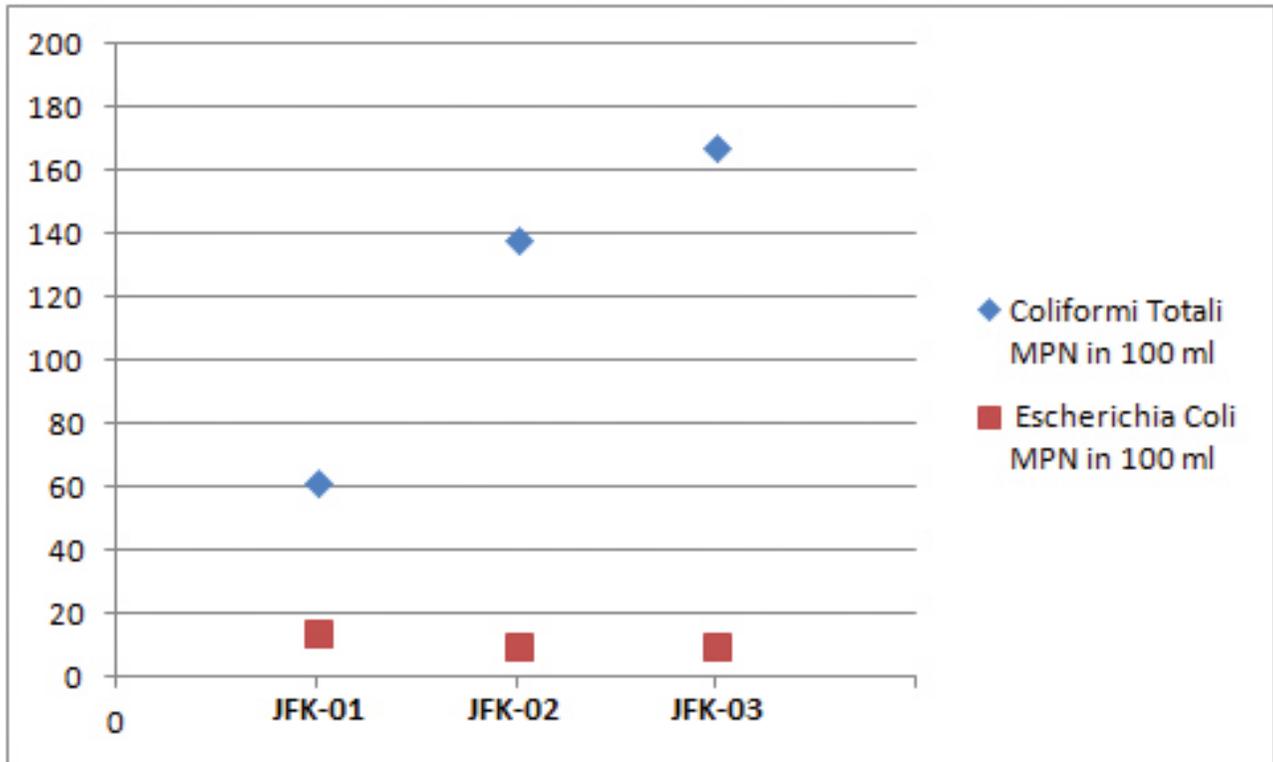


Figura 2.
Analisi microbiologiche
gennaio 2016.

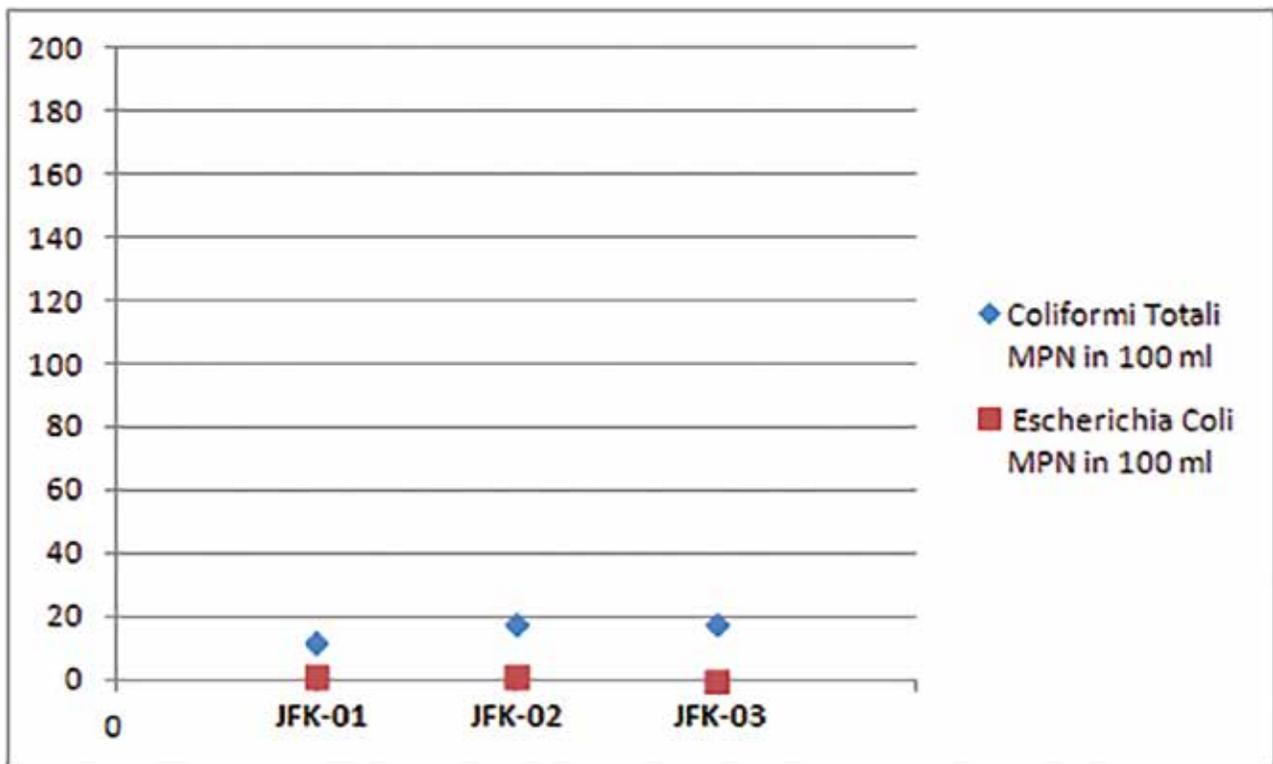


Figura 3.
Analisi microbiologiche
febbraio 2016.

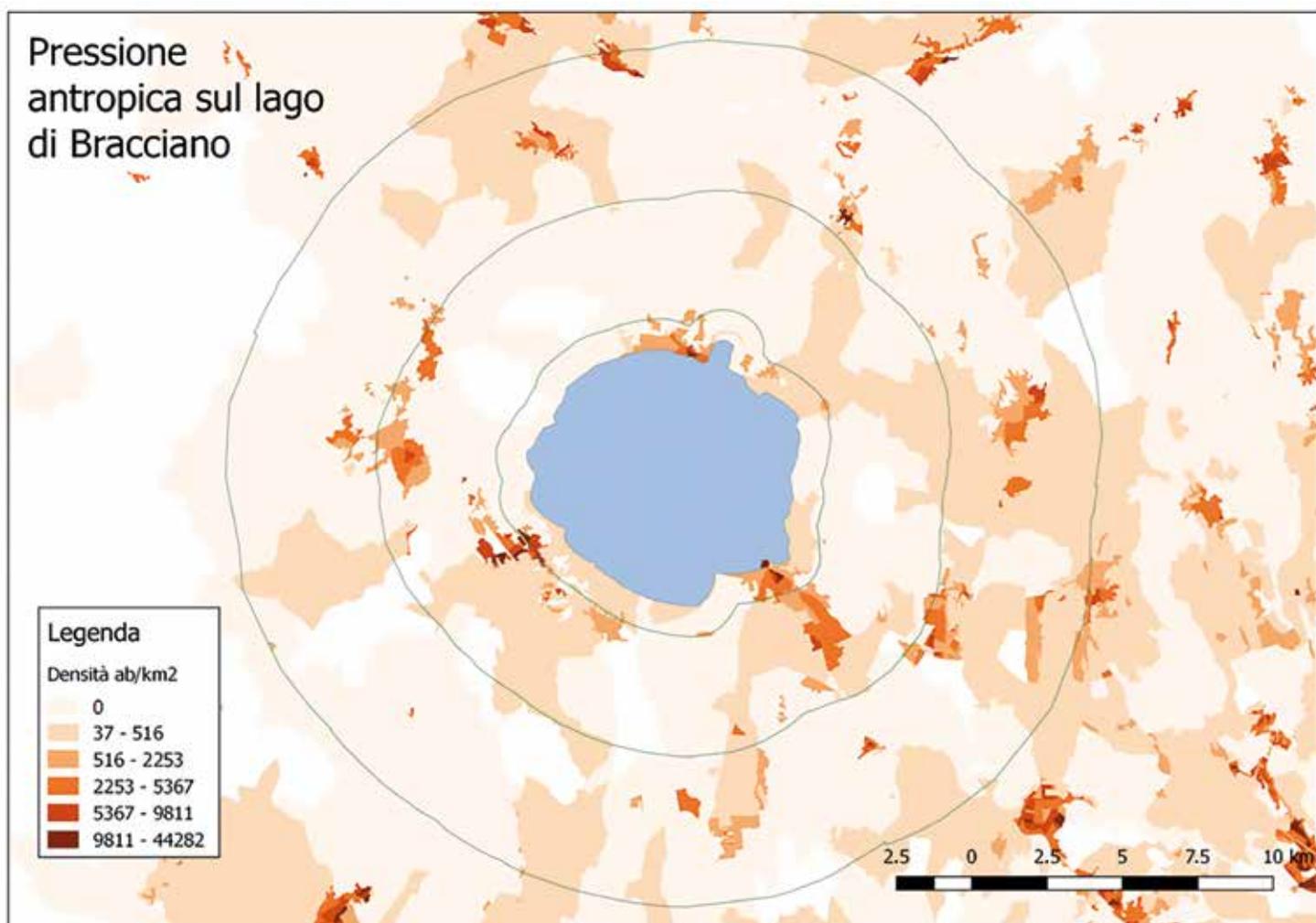
Dai dati riportati in bibliografia (Arpa Lazio 2017, vedi figura 4) risulta che l'inquinamento biologico principale è localizzato presso le foci di alcuni fossi che sfociano nel lago (le cause si fanno risalire alla presenza di scarichi civili non depurati), cui si aggiungono sversamenti probabilmente abusivi.



Nell'area del lago di Bracciano è stata istituita negli anni '80, una rete fognaria circumlacuale e un impianto di depurazione di concerto con i Comuni del CoBIS (Consorzio del Bacino Idrico Sabatino). L'intero sistema è stato realizzato per tutelare la qualità delle acque del lago di Bracciano ed è gestito interamente da Acea. Tuttavia numerosi potrebbero essere gli scarichi fognari non ricongiunti alla circumlacuale (residenze secondarie e attività di ristorazione e balneazione); inoltre, nei periodi di critici di sovraccarico turistico, gli scarichi trovano spesso sfogo nei fossi nati per la raccolta delle acque piovane.

È possibile infine valutare la pressione antropica sul bacino lacustre: la densità abitativa è stata calcolata utilizzando le sezioni di censimento ISTAT del 2011 mentre i risultati sono riportati in figura 5 dove viene espressa la pressione antropica come ab/Km². I dati sono liberamente scaricabili dal sito dell'ISTAT (www.istat.it) attraverso un software GIS (Open Source Quantum GIS) e sono in formato "shapefile standard" (<https://www.qgis.org/it/site/>). L'elaborazione presentata evidenzia come le zone di massima pressione antropica corrispondano alle zone non idonee alla balneazione (zone rosse di **figura 4**), almeno per i comuni di Trevignano e Bracciano.

Figura 4. Acque di Balneazione (2017). In verde zone idonee, in rosso zone non idonee alla balneazione.



Conclusioni

Figura 5.
Elaborazione da
shapfile per il lago di
Bracciano.

Le analisi effettuate hanno evidenziato che i parametri chimici si sono alterati negli anni con un aumento dei cloruri e dei fluoruri ed una diminuzione dei solfati. Le analisi microbiologiche hanno evidenziato, nel campionamento di gennaio 2016, la presenza al centro lago di microorganismi quali l'*Escherichia Coli* e i Coliformi totali. Tale rilevazione se messa in relazione con l'elevato valore di conducibilità misurata porta inevitabilmente alla conclusione di un inquinamento da scarichi di origine fecale.

Il confronto comparato tra le aree non idonee alla balneazione e la densità abitativa ha evidenziato una stretta correlazione tra i due parametri considerati, almeno per i comuni di Trevignano e Bracciano.

È auspicabile, inoltre, il permanere delle interruzione delle captazioni dallo specchio lacustre, in vigore dal primo settembre 2017, per favorire la ricarica delle falde e garantire la capacità di auto depurazione; il lago di Bracciano ha, infatti, cominciato a dare segni di scempenso che sono allarmanti e possono preludere a processi di grave alterazione dell'integrità del sistema lacustre come evidenziato nei primi anni duemila da diversi ricercatori (Musmeci F. e Correnti A., 2002; Dall'Aglio M. e Ferrari I., 2004).

L'indagine riguardo le alterazioni dello specchio lacustre deve naturalmente essere approfondita, tenuto conto del fatto che gli obiettivi ambientali suggeriti dalla Diret-

tiva della Comunità europea sono assai impegnativi dal punto di vista metodologico ed organizzativo.

A conclusione del lavoro si mette in evidenza il fatto che la finalità del progetto è stata essenzialmente quella di educare le nuove generazioni, in via di formazione nella scuola secondaria, ad una maggiore attenzione verso metodologie di studio e di indagine scientifica volte a far crescere una diffusa consapevolezza sull'importanza della scienza come veicolo per lo sviluppo sostenibile della società.

Rigraziamenti

Si ringrazia il CNR, Area della Ricerca di Roma 1 di Montelibretti per il supporto analitico durante la campagna di misure dell'anno 2016 e l'Associazione *Latium Volcano* per l'assistenza prestata nel corso delle misure effettuate nell'anno 2017. Un ringraziamento va inoltre all'Ing. Alessandro Cimbelli e al Dott. Stefano Mugnoli del Servizio Ambiente e Territorio dell'ISTAT per l'aiuto fornito nell'elaborazione dei dati e delle informazioni geografiche.

Arenile emerso nel tratto di litorale tra Bracciano e Vicarello (agosto 2017).
(Foto di Diego Mantero).



Bibliografia

- Arpa Lazio 2017 <http://www.arpalazio.gov.it/ambiente/acqua/dati/balneazione/balneazione.htm?comune=bracciano&prov=ROMA&lagID=5>
- Baccetti N., V. Bellucci V., Bernabei S., Bianco P., Braca, Bussetini M., Cascone C., Ciccarese, D'Antoni S., Grignetti A., Lastoria B., Mandrone S., Mariani S., Silli V. e Venturelli S. (2017). *Analisi e valutazione dello stato ambientale del Lago di Bracciano riferito all'estate 2017*. Rapporto ISPRA, 18 ottobre 2017.
- Catalani, A., Medici, F., Rinaldi, G. (2006). Bracciano's lake waters: an experimental survey on the surface layer pollution. *Annali di Chimica*, 96 (11-12), 743-749.
- CNR-IRSA (2017). Nota stampa, lago di Bracciano. <https://www.cnr.it/it/nota-stampa/n-7595/il-caso-bracciano-evidenzia-l-importanza-della-collaborazione-inter-istituzionale>.
- Dall'Aglio M. , Ferrari I. (2004). *Conflittualità tra ecosistemi umani ed ecosistemi naturali per l' uso della risorsa idrica. Il caso emblematico dell' ecosistema metropolitano di Roma*. (2004). Convegno dell' Accademia dei Lincei "Ecosistema Roma", Roma, 14-16 Aprile 2004.
- Direttiva 2000/60/CE del Parlamento e del Consiglio europeo del 23 ottobre 2000. *Azione Comunitaria in materia di acque*.
- Martini P. (1987). Il fluoro e le acque destinate al consumo umano. *Ingegneria Ambientale*, 16 (3-4), 173-180.
- Medici F., Rinaldi G. (2008). *An updated report on the water chemistry of the lake of central Italy*. In *Lake Pollution Research Progress*, Nova Science Publisher, NY (USA), 1-12.
- Mosello R., Arisci S., Bruni P. (2004). Lake Bolsena (Central Italy): an updating study on its water chemistry. *Journal of Limnology*, 63(1), 1-12.
- Musmeci F., Correnti A. (2002). *Elementi per il bilancio idrico nel lago di Bracciano*. Enea-Casaccia. Progetto Life 02/ENV/IT/000111.
- Open Source Quantum GIS, <https://www.qgis.org/it/site/>
- Provincia Roma, Arpa Lazio (2004). Rapporto sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee della provincia di Roma. *Risultati analitici e monitoraggi*. Ed. Provincia di Roma.