



LIFE+ 2008

LIFE+ Programme (European Commission)
LIFE+ Environment Policy and Governance

Project INHABIT - LIFE08 ENV/IT/000413

Local hydro-morphology, habitat and RBMPs: new measures to improve ecological quality in South European rivers and lakes

ACTION GROUP I: Assessment of environmental and biological condition and variability

- Action I1_IRSA (month 9-26): Assessment of environmental and biological condition and variability by IRSA
- Action I1_ISE (month 9-26): Assessment of environmental and biological condition and variability by ISE
- Action I1_PI (month 9-26): Assessment of environmental and biological condition and variability by ARPA Piemonte
- Action I1_SA (month 9-26): Assessment of environmental and biological condition and variability by RAS

Deliverable I1d1

Rapporto tecnico – Aree di studio, siti e strategie di campionamento, difficoltà complessive e sintesi dei principali risultati

Compilation of a summary report on study areas, field sites, sampling strategy, overall difficulties and outline of main results.

Parte B: LAGHI

Ciampittiello M.³, Marchetto A.³, Sala P.³, Zaupa S.³, Oggioni A.³, Boggero A.³, Morabito G.³, M. Austoni³, Volta P.³, Cerutti I.³, Aiello Gaetano Massimo⁴, Olivari Michela⁴ & Riccardi N.³

¹ CNR-IRSA - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sulle Acque, U.O.S. Brugherio, Via del Mulino 19, 20047, Brugherio (MB)

² ARPA Piemonte - Arpa Piemonte - Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, Dipartimento di Asti, Piazza Vittorio Alfieri 33, 14100 Asti

³ CNR-ISE - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Largo Tonolli 50, 28922 Verbania Pallanza (VB)

⁴ RAS - Regione Autonoma della Sardegna - Agenzia Regionale del distretto idrografico - Servizio tutela e gestione delle risorse idriche (Ca)

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro qui presentato ha avuto il supporto di numerose persone e senza il loro contributo non si sarebbe potuto svolgere. Desideriamo quindi ringraziare:

Claudia Dresti, Tomas Kliment, Barbara Campi, Antonella Lugliè, Bachisio Padedda, Francesco Mura, Micòl Vascellari, Arianna Nicola, Pier Luigi Fogliati, Francesca Vietti, Angela Cerutti, Gabriella Fornaro, Mario Pannocchia, Claudio Giacoletto, Lefebvre Pierre e Rossi Augusta.

L'attività di campagna in Sardegna è stata possibile grazie alla collaborazione offertaci dall'Ente Acque Sardegna nella persona di Maria Antonietta Dessena, quale responsabile dell'Unità Organizzativa Limnologia degli Invasi, e alla fattiva ed insostituibile collaborazione di Paola Buscarinu, Cesare Borghero, Amedeo Fadda, Ignazio Ghirone, Tiziano Cogotti e Melania Deidda.

I Dipartimenti di Biella e di Ivrea dell'ARPA Piemonte, coordinati da Elio Sesia, Teo Ferrero e Antonietta Fiorenza, hanno fornito un apporto considerevole all'attività sui laghi piemontesi.

Diversi Enti hanno messo a disposizione i natanti e/o i permessi per la navigazione sui laghi e per i campionamenti della fauna ittica: il Coordinamento della Protezione Civile della Provincia di Biella (Viverone), l'Ente Parco Regionale dei Laghi di Avigliana, l'IREN (Lago Serrù), l'ENEL (Lago Morasco), il Comune di Mergozzo, l'Associazione Pescatori Lago di Mergozzo e l'ENAS per gli invasi sardi.

SOMMARIO

1. Capitolo 1 – Campionamento	
1.1. Metodiche di campionamento della fauna macroinvertebrata	pag. 8
1.2. Metodiche di campionamento del fitoplancton	pag. 25
1.3. Metodiche di campionamento delle macrofite	pag. 31
1.4. Metodiche di campionamento della fauna ittica	pag. 41
2. Capitolo 2 - Siti scelti	pag. 45
3. Capitolo 3 – Laghi studiati: Piemonte	
3.1. Lago di Morasco	pag. 48
3.2. Lago di Mergozzo	pag. 57
3.3. Lago Sirio	pag. 70
3.4. Lago Piccolo di Avigliana	pag. 84
3.5. Lago di Candia	pag. 97
3.6. Lago Viverone	pag. 114
3.7. Lago del Serrù	pag. 132
4. Capitolo 4 – Laghi studiati: Sardegna	
4.1. Lago Bidighinzu	pag. 139
4.2. Lago Sos Canales	pag. 151
4.3. Liscia	pag. 162
4.4. Lago Posada	pag. 173
4.5. Lago Torrei	pag. 184
4.6. Lago Baratz	pag. 194
5. Capitolo 5 – Primi risultati	
5.1. Piemonte	
5.1.1. Macroinvertebrati	pag. 202
5.1.2. Fitoplancton	pag. 202
5.1.3. Macrofite	pag. 208
5.1.4. Pesci	pag. 209
5.1.5. Idromorfologia	pag. 210
5.2. Sardegna	
5.2.1. Macroinvertebrati	pag. 212
5.2.2. Fitoplancton	pag. 212
5.2.3. Macrofite	pag. 212
5.2.4. Pesci	pag. 213
6. Capitolo 6 – Attività futura	pag. 214

Riassunto

Dopo le azioni preliminari per la scelta dei siti si è giunti, a passi successivi, alla definizione dei laghi oggetto di indagine all'interno del progetto INHABIT. In questo *deliverable* si riporta una sintetica descrizione delle caratteristiche morfologiche e morfometriche di ciascuno, le caratteristiche geologiche e geomorfologiche, con la descrizione della formazione di alcuni laghi, l'uso del suolo, particolarmente importante per capire e definire le pressioni insistenti sul lago e gravanti dal bacino, l'idrologia, parte integrante delle caratteristiche e della qualità ecologica di un lago, le pressioni puntuali dovute a scarichi fognari e/o industriali, agricoli e zootecnici. Di alcuni laghi, si è anche riportato lo stato trofico attuale e la sua evoluzione nel tempo e le azioni regionali intraprese o che si intendono intraprendere per migliorarne la qualità alla luce delle indicazioni della WFD 2000/60.

Inoltre, per tutti i laghi studiati si sono riportate anche la cartografia tecnica regionale per l'individuazione di ciascun bacino imbrifero e della rete idrografica principale che lo caratterizza, e una foto aerea per meglio identificare le caratteristiche morfologiche della cuvetta lacustre. Su ciascun lago oggetto di studio, il progetto prevede la raccolta di campioni per i quattro parametri biologici di qualità, così come indicati dalla Direttiva Quadro sulle Acque, e delle caratteristiche idromorfologiche, secondo i protocolli di campionamento definiti a livello nazionale e oggetto di intercalibrazione a livello internazionale.

Nel capitolo 1 sono riportate una descrizione delle metodiche e delle modalità di campionamento per i quattro parametri biologici indagati, macroinvertebrati, fitoplancton, macrofite e pesci. Ogni protocollo di campionamento individua il periodo di campionamento, diverso per ciascun parametro, ad esempio per il macrobenthos si sono individuati due periodi annuali (uno primaverile e l'altro autunnale), per le macrofite il periodo di campionamento è quello del massimo sviluppo vegetativo delle piante, mentre il fitoplancton viene raccolto periodicamente diverse volte, durante l'anno di campionamento. Infine i pesci sono campionati da primavera ad autunno. Nella descrizione del protocollo e delle modalità di campionamento, vengono anche individuati i siti di lavoro, ovvero i punti di indagine, che variano molto da elemento a elemento. Ad esempio, le macrofite e il macrobenthos vengono campionati lungo un transetto, quindi su diverse "linee" distribuite in modo diverso fino a coprire tutto il lago. Il fitoplancton viene campionato nel punto più profondo del lago, quindi risulta un campionamento "puntuale" e i pesci vengono raccolti in diverse aree disposte in diverse zone del lago, si possono quindi pensare come campioni "areali". Nel suddetto capitolo si sono riportate anche foto della strumentazione necessaria e utilizzata per il campionamento e altre relative ad alcune fasi di raccolta dei campioni. Unitamente alla raccolta della fauna a macroinvertebrati e del fitoplancton vengono anche raccolti campioni di acqua per le analisi chimiche da utilizzare a sostegno e a completamento delle indagini e della caratterizzazione ecologica del lago. Inoltre, sempre unitamente al campionamento dei macroinvertebrati vengono prelevati campioni di sedimento per l'analisi granulometrica e chimica, per definire il corretto posizionamento dei transetti e raccogliere informazioni complementari ma basilari, per l'interpretazione dei dati. Oltre ai parametri biologici si sono indagate anche le caratteristiche idromorfologiche di ciascun lago scelto, utilizzando il metodo Lake Habitat Survey (LHS), nato per i laghi inglesi e oggetto di standardizzazione a livello europeo, e in questo progetto, oggetto di validazione per i laghi italiani. I laghi su cui effettuare campionamento e indagine sono 12, tra naturali e fortemente modificati, e situati nelle due regioni Piemonte e Sardegna, suddivisi in 7 laghi in Piemonte e 5 in Sardegna. Inizialmente erano previsti 6 laghi per

ciascuna regione con l'inclusione dell'unico lago naturale sardo: il Lago Baratz. Dopo la prima campagna di campionamento in Sardegna, quella relativa al macrobenthos, si è venuti a conoscenza della presenza di ordigni inesplosi sul fondo del lago. Giudicando pericoloso lavorare sui suoi sedimenti ma anche nelle vicinanze del fondo stesso, si è deciso di continuare l'attività sui quattro parametri biologici in un altro lago, il Lago Piccolo di Avigliana, lago naturale piemontese, zona di Parco Naturale e di particolare interesse ecologico. Si è comunque deciso di mantenere il campionamento del Lago Baratz per quei parametri giudicati non pericolosi, fitoplancton e macrofite in quanto, essendo l'unico lago naturale sardo riveste una particolare importanza sia per la Regione Sardegna sia per la raccolta di informazioni biologiche nella Regione, altrimenti mancanti.

I laghi scelti quindi sono, in Piemonte: il Piccolo di Avigliana, il Candia e il Viverone nell'anfiteatro morenico di Ivrea, il primo Parco Provinciale, il secondo meta turistica e oggetto quindi di forti pressioni sia sulle rive che sull'intero lago; il Sirio di particolare interesse sia turistico che naturalistico e due corpi idrici fortemente modificati: il Morasco, nel bacino dell'Alto Toce e il Serrù all'interno del Parco del Gran Paradiso, entrambi creati a scopo idroelettrico. Per quanto riguarda la Sardegna i 5 laghi indagati in modo completo sono tutti corpi idrici fortemente modificati e sono: il Bidighinzu, il Sos Canales, il Liscia, il Posada e il Torreì; l'utilizzo prevalente per questi bacini è quello potabile tranne che per il Posada che è irriguo. Le acque del Liscia e del Posada sono utilizzate anche per altri scopi, irriguo e industriale il primo, potabile e idroelettrico il secondo.

Durante le campagne di campionamento e soprattutto, durante l'applicazione del metodo idromorfologico che prevede il passaggio tra un punto di osservazione e l'altro, lungo tutto il perimetro sotto costa, si sono effettuate numerose fotografie di ciascun lago, per documentare sia le pressioni sulla costa, come spiagge attrezzate, banchine, artificializzazioni di varia natura, attività presenti, che particolari habitat litorali e sub litorali, come zone sabbiose, canneti, zone rocciose, lanche, aree umide, nonché vegetazione spondale e riparia e macrofite. Del vasto repertorio fotografico raccolto si sono riportate solo alcune delle principali caratteristiche rilevate e sopra descritte, inserite nei capitoli 3 e 4, relativi ai singoli laghi campionati, rispettivamente in Piemonte e in Sardegna.

Il lavoro di campionamento non è ancora finito per tutti i parametri di qualità, sia a causa della scelta tardiva del Lago Piccolo di Avigliana, sia per difficoltà di varia natura dovute alle condizioni meteorologiche. Si prevede di concludere tali attività entro l'estate del 2012. Le prime elaborazioni disponibili sono riportate nel capitolo 5 per entrambe le regioni, ma solo per alcuni parametri e per alcuni laghi. La determinazione delle specie presenti non richiede lo stesso tempo e lo stesso impegno per tutti i parametri di qualità di conseguenza la chiusura dell'identificazione dei campioni raccolti sarà effettuata nelle attività prossime future. Un'altra attività in previsione per il prossimo futuro è quella della taratura del database per i parametri idromorfologici per l'elaborazione degli indici sintetici di alterazione morfologica e di qualità degli habitat. Tale taratura risulta necessaria in quanto, in una precedente fase di verifica dell'applicabilità del metodo LHS alle caratteristiche idromorfologiche dei laghi italiani, è stato necessario variare qualche voce nella scheda di campo. Tali variazioni dovranno essere inserite anche nel database associato al metodo.

Extended abstract

After the preliminary actions for the selection of sites, a successive step was reached: the definition of the lakes under investigation within the project INHABIT. In this deliverable we report a brief description of each morphological and morphometric, geological and geomorphological features, with the description of the origin of the lakes, of land use, particularly important to understand and define the insistent pressure of the lake and imposed from the basin, of hydrology, an integral part of the characteristics and the ecological quality of a lake, and of the pressures due to sewage, industry, agriculture and livestock.

In some lakes, we also reported the current trophic status and its evolution over time and the actions planned to improve water quality on the basis of the European Directive 2000/60/EC, the Water Framework Directive (WFD).

Furthermore, for all studied lakes we also reported the regional maps for showing the watershed and its hydrography, and an aerial photo to help to identify the morphological characteristics of the lake cuvette. On each lake under study, the project involves the collection of biological samples for the four parameters of quality, as indicated by the WFD, and hydro-morphological characteristics, according to the sampling protocols defined at the national level and presently subject of international harmonization.

Chapter 1 provides a description of sampling methods and procedures for the four biological parameters investigated: macroinvertebrates, phytoplankton, macrophytes and fish. Each sampling protocol identifies the sampling period, different for each parameter. For example, for the macrobenthos were identified two annual periods (one spring and one fall), for macrophytes the sampling period is during the maximum vegetative growth of plants. Phytoplankton, on the contrary, is sampled periodically several times during the year and, finally, fishes are sampled from spring to autumn.

In the description of the protocols and procedures, sampling sites are also identified. The point of investigation vary from element to element. For example, macrophytes and macrobenthos are sampled along transects, i.e. "lines" distributed in a different way to cover the entire lake. On the contrary, phytoplankton is sampled at the deepest point of the lake, and fishes are collected in different areas arranged in different areas of the lake. In this chapter are also included photos of the equipment used for sampling, and of the sampling procedure when relevant.

During the collection of macroinvertebrates and phytoplankton samples, water samples for chemical analysis are also collected. Chemical data are used to support and complete the description and the ecological characterization of the lakes. Furthermore, during macroinvertebrates samples, we also collected sediment samples for particle size and chemical analysis, to define the correct placement of transects on the basis of sediment characteristics and to collect basic information needed for the interpretation of data.

In addition to the biological parameters, hydro-morphological characteristics of the studied lakes were also investigated, using the Lake Habitat Survey (LHS), a method developed for the English lakes and the being presently standardized at the European level. In this project, LHS will be validated for the Italian lakes.

The lakes selected for investigation are 12, including natural and heavily modified waterbodies, and located in two regions: Piedmont and Sardinia. Seven sites are in Piedmont and 5 in Sardinia. The project originally planned 6 sites for each region, including the only natural lake in Sardinia: Lake Baratz.

During the first sampling campaign in Sardinia, when macrobenthos was collected, he

became aware of the presence of unexploded ordnance on the lake bottom. Working on, and in proximity of the bottom of the lake was excessively dangerous, and it was decided to transfer the activities on the four biological parameters in another lake, Lake Piccolo di Avigliana, a natural lake in Piedmont, lying in a natural park and of particular ecological interest. However, it was decided to keep the sampling of Lake Baratz for the biological parameters which can be sampled without danger, i.e. phytoplankton and macrophytes. In effect, being this lake the only natural lake in Sardinia, it can provide information on natural lakewater communities in the Region, otherwise missing.

Selected lakes in Piedmont are the following: Lake Piccolo di Avigliana, in a Regional Park, Lake Candia, in a Provincial Park, Lake Viverone, subject to strong touristic pressure, Lake Sirio, less impacted by tourism, and two heavily modified waterbodies: Morasco, in the basin of River Toce and Serrù in the Gran Paradiso National Park, both built for hydroelectric purposes.

In Sardinia, all the 5 fully investigated lakes are heavily modified waterbodies, namely Bidighinzu, Sos Canales, Liscia, Posada and Torrei. The main use for most of these basins is providing drinking water, only for Posada is providing water for agriculture. However, waters from Liscia and Posada are also used for other purposes, irrigation for the former and industry, drinking water and hydroelectric power for the latter.

During the sampling campaigns, and particularly during the application of the LHS method which requires to examine the transition between an observation point and the following along the entire lake shore, we made a number of pictures of each lake in order to document the pressures on the coast, such as beaches, docks, artworks, human activities, and to show peculiar coastal and subcoastal habitats, such as sandy areas, reed beds, rocky areas, oxbow lakes, wetlands, riparian vegetation and macrophytes. A small selection of this vast collection of pictures is used in chapters 3 and 4, to show the features of each sampled lake.

Sampling activities are not yet finished for all quality parameters, both because of the late selection Lake Piccolo di Avigliana, and because of difficulties due to weather conditions. It is expected to complete all sampling and analyses by Summer 2012. Preliminary data can be found in Chapter 5 for both regions, but only for some parameters and some lakes. In effect, biological analyses require different time and commitment for the different biological elements quality, so that the results that could be obtained faster are reported in this deliverable.

A further activity in preparation for the near future is the preparation of a database for the hydromorphological parameters to be used for the calibration and the development of synthetic indices of morphological alteration and habitat quality. This adjustment is necessary because, in an earlier phase of verification of the applicability of the LHS method to the hydromorphological characteristics of the Italian lakes, it emerged the necessity to change some entries in the field card. These changes must also be included in the database associated with the method and in the formulation of the index.

CAPITOLO 1 – CAMPIONAMENTO

1.1 METODICHE DI CAMPIONAMENTO DELLA FAUNA MACROINVERTEBRATA

È generalmente noto che i laghi sono stati sottoposti nel tempo a varie forme di pressioni antropiche quali: scarichi agricoli e fognari, introduzione e stoccaggio di pesci, acidificazione delle acque. Per valutare gli effetti di queste perturbazioni sulla fauna bentonica sono state condotte numerose ricerche il cui punto chiave è il campionamento. Attraverso di esso si può infatti arrivare a descrivere una popolazione come distribuzione (orizzontale e/o verticale) nell'habitat prescelto, come abbondanza, densità e diversità delle specie presenti, come cicli di sviluppo, ma è necessario condurre un censimento approfondito. Ne consegue che metodi di campionamento e setacciamento sono di fondamentale importanza nella stima della reale abbondanza della fauna di fondo.

Lo scopo del campionamento è infatti quello di raccogliere campioni che siano rappresentativi dell'intero lago (Mudroch & Azcue, 1995), dove una serie di fattori influenza l'affidabilità dei risultati ottenuti. Fra di essi ricordiamo la distribuzione "a macchia" degli organismi dovuta ad una strategia riproduttiva basata sulla produzione di un notevole numero di uova deposte in uno spazio limitato e le concentrazioni di ossigeno che, qualora siano basse, limitano l'abbondanza delle specie. Inoltre, la fauna a macroinvertebrati, è costituita da gruppi tassonomici molto diversi fra loro che occupano microambienti distinti dando luogo a comunità differenti. È quindi necessario "impostare" al meglio un programma di campionamento per ottenere risultati statisticamente significativi.

Per programmare un campionamento adeguato alla tipologia di studi che si devono affrontare, si dovranno prendere in considerazione alcuni accorgimenti relativi alla scelta della posizione dei transetti e delle stazioni di campionamento, alla scelta dello strumento più idoneo in relazione ai diversi tipi di substrato, ed al conseguente numero di campioni da prelevare per ogni stazione.

Inoltre, si tratterà non solo di organizzare le campagne di campionamento, predisporre le metodiche relative ai diversi habitat considerati rispettando le modalità di sviluppo dei diversi gruppi faunistici che abitano un lago, ma anche di prevedere un attento studio delle componenti abiotiche. Il problema si pone quando si considerano quei gruppi che conducono parte della loro vita in acqua e parte nell'ambiente subaereo: gli insetti. Questi invertebrati, infatti, allo stadio larvale si portano in alcuni periodi dell'anno in prossimità della superficie dell'acqua e qui, dopo aver subito un'ultima trasformazione, sfarfallano. Si deve quindi prevedere di campionare il lago in periodo antecedente lo sfarfallamento per non incorrere in errori nella valutazione della composizione del popolamento. Il programma di campionamento contemplato dal protocollo messo a punto a livello nazionale per l'implementazione della Direttiva Quadro sulle Acque (Bazzanti *et al.*, 2007; successivo approfondimento Boggero *et al.*, 2011c) prevede infatti un campionamento di minima, ossia un campionamento svolto in almeno due periodi stagionali: in primavera, corrispondente al periodo di circolazione delle acque nella maggior parte dei nostri laghi, ed in autunno, nel periodo successivo all'instaurarsi della stratificazione estiva a causa delle elevate temperature raggiunte in superficie.

Nel presente progetto sono stati presi in considerazione ambienti lacustri appartenenti a due diverse categorie, ambienti naturali ed invasi (o laghi fortemente modificati), che presentano notevoli differenze nell'approccio di campionamento e di programmazione delle attività. Laghi naturali e invasi sono corpi idrici simili per quanto riguarda la biologia di base ed alcuni processi fisici; infatti, possono ospitare la stessa fauna e la stessa

vegetazione acquatica, raggiungono la stratificazione termica nel periodo estivo e presentano habitat analoghi. Al contempo però le dimensioni del bacino imbrifero degli invasi sono generalmente maggiori e gli invasi stessi hanno generalmente superfici maggiori, tempi di residenza dell'acqua inferiori e un gradiente longitudinale a partire dalla zona rivierasca (a carattere più spiccatamente lotico) fino alla zona profonda, in prossimità della diga (la zona a carattere lenticò più simile a quella di un lago naturale).

Queste differenze mettono quindi in evidenza la necessità di analizzare laghi naturali e invasi, compresa la gestione delle loro acque, prima di affrontare un qualsiasi tipo di studio su questi corpi idrici. Conseguentemente, anche le metodiche di campionamento dovranno adeguarsi al tipo di ambiente indagato.

Laghi naturali

Nei laghi naturali le variazioni di luce, temperatura, tipologia di sedimento e condizioni chimiche, che si determinano sulla colonna d'acqua e con l'aumentare della profondità, pongono dei limiti allo sviluppo di macrofite e macroinvertebrati. Questo crea una serie di zone che si susseguono con la profondità, caratterizzate da una morfometria e da una composizione chimica delle acque e dei sedimenti molto diverse.

Senz'ombra di dubbio, una delle criticità presentate da questi laghi per chi si accinge per la prima volta a campionarli, è la selezione dei punti di campionamento e il posizionamento dei transetti (nel caso di laghi di grandi dimensioni), è quindi una delle scelte più difficili. Le stazioni di campionamento scelte devono infatti essere rappresentative della porzione di lago in esame.

La scelta deve innanzitutto tenere conto delle zonazioni verticali del lago (litorale, sublitorale e profonda) e del tipo di sedimento (limoso, sabbioso, pietroso, ecc) che con la concentrazione di sostanza organica, di ossigeno, e con la presenza di macrofite nella fascia litorale determina la composizione della comunità bentonica.

Nei trattati di limnologia sono riportate numerose definizioni per la zona litorale, ma in questo contesto, si è deciso di adottare la definizione che segue perché risponde alle richieste europee di confrontabilità con altre realtà, anche molto differenti rispetto a quella nazionale.

Zona litorale (costiera o neritica): strato d'acqua superficiale (epilimnio) dove arriva la radiazione luminosa (zona eufotica), compreso tra la linea dell'acqua (0 m) ed alcuni metri di profondità. In genere, coincide con il limite inferiore di sviluppo delle macrofite sommerse. Presenta substrato molto variabile a seconda dell'influenza del moto ondoso che può o meno eroderlo. Nel contesto nazionale, questa zona si estende fino ad un massimo di 10 m nei laghi dell'Italia settentrionale, mentre può raggiungere un massimo di 20-25 m nei laghi dell'Italia Centrale.

Zona sublitorale: compresa fra epilimnio ed ipolimnio; presenta attenuazione della luce incidente. Quando il lago si trova nella condizione di massima stratificazione, corrisponde al metalimnio. Nei laghi con buona trasparenza, la zona sublitorale è situata sotto la fascia litorale ed è delimitata dallo sviluppo delle macrofite sommerse. Presenta un substrato prevalentemente uniforme per deposito di materiale dalla zona litorale dovuto al moto ondoso. Spesso coincide con la profondità limite per i molluschi ed è quindi zona di deposito di conchiglie (*shell zone*).

Zona profonda o bentonica: compresa fra metalimnio e le massime profondità. Costituisce la zona ipolimnica di un lago. Non si ha penetrazione della radiazione luminosa ed è in genere costituita da substrato uniformemente fine.

Anche la distribuzione e la scelta del numero di transetti da posizionare può creare problemi all'operatore. Per lo studio dei macroinvertebrati lacustri, l'US-EPA (U.S.-Environmental Protection Agency, 1997, 1998) propone delle linee guida che forniscono un utile supporto alla scelta del numero di transetti da posizionare in un lago. I transetti sono linee immaginarie tracciate lungo la superficie di un lago che uniscono due o più punti posti a diversa profondità e che partono dalla linea di costa spingendosi verso il fondo. Possono variare in numero e posizione, ma sono sempre caratterizzati da un numero di stazioni di campionamento pari a tre, corrispondente alle tre fasce principali, in cui è suddivisa una conca lacustre in sezione trasversale.

Il posizionamento dei transetti viene eseguito inizialmente su una carta geografica (Hayworth, 2004), ricordando che il numero di transetti è strettamente correlato all'estensione del lago stesso, alla possibile diversificazione degli habitat e del substrato, alla morfologia del lago, all'estensione della linea di costa e alla presenza di impatti antropici. Maggiori saranno le dimensioni del bacino, maggiore sarà il numero di transetti. Una volta in campo, si deciderà infine, se il numero prescelto di transetti è adeguato, ovvero sotto- o sovra-stimato, in base alla variabilità della granulometria di fondo e alla presenza/assenza e tipologia di macrofite.

Viene qui riportata una tabella di massima del numero di transetti per superficie lacustre (Tab. 1.1.1) (Bazzanti *et al.*, 2007; Boggero *et al.*, 2011c):

Tab.1.1.1 - Relazione fra area superficiale di un ipotetico lago e numero di transetti da posizionare, numero di stazioni e numero di replicati.			
Superficie (Km ²)	N°Transetti	N°Stazioni	N°Replicati
<0,6	1	3	9
0,7-2,9	2	6	18
3,0-6,5	3	9	27
>6,6	4	12	36

Quindi per laghi con superficie inferiore ai 5 Km², si posizioneranno un massimo di 3 transetti, mentre per laghi di maggiori dimensioni i transetti aumenteranno di numero.

Ovviamente, in laghi poco profondi (e.g. L. di Candia), dove non si riesce ad evidenziare una zona profonda, non si opera tramite transetti, ma si può campionare distribuendo le stazioni di campionamento in modo casuale all'interno della conca lacustre, tenendo sempre in considerazione la presenza di immissari e/o emissari e la diversa composizione a macrofite o del substrato (qualora si evidenziassero delle differenze). Oppure, si può decidere di operare campionando l'area maggiormente rappresentativa, ossia, nel caso in cui la copertura a macrofite sia costituita da una sola specie per l'80% dell'estensione litorale, posizionando il proprio transetto in quest'area, anche se ridotta alle sole prime due fasce di profondità (con la conseguenza quindi di raccogliere un minor numero di campioni).

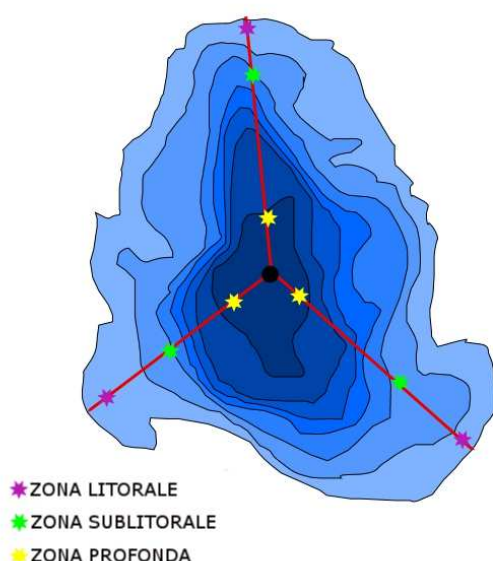


Fig. 1.1.1 - Esempio di posizionamento dei transetti e delle stazioni di campionamento nel Lago di Viverone.

In laghi di maggiori dimensioni (e.g. L. di Viverone, Fig. 1.1.1), la distanza che deve intercorrere fra un transetto e l'altro è correlata all'estensione del lago, alla tipologia del substrato e alla composizione della comunità a macrofite.

In ogni caso dovranno essere registrate le coordinate geografiche di tutte le stazioni di campionamento, con l'aiuto di un GPS (Global Positioning System), per facilitare il successivo lavoro di campo.

Le criticità presentate da questi ambienti, oltre a quelle già descritte, sono per lo più mirate alla sicurezza di chi opera, ed al corretto uso della strumentazione in campo. Gli operatori dovranno quindi attenersi a semplici regole di sicurezza, sia durante la navigazione sia durante le soste per il campionamento (dotarsi di scarpe adeguate con copertura rinforzata e guanti per evitare ferite durante l'uso della strumentazione utilizzata). Inoltre, è consigliabile evitare il campionamento di sponde scoscese e ripide, che impediscono il buon funzionamento della strumentazione di campo, riducendone l'efficienza di campionamento. L'uso di un ecoscandaglio permette di ovviare, almeno in parte, a tali inconvenienti, facilitando la ricerca di punti più pianeggianti. In tutti i casi, la standardizzazione delle metodiche prevede, una volta scelto lo strumento da utilizzare per campionare un lago, il suo mantenimento per tutti i transetti e per tutte le stazioni, in modo da ridurre al minimo gli errori dovuti a differenze nelle metodiche di campionamento.

Corpi idrici fortemente modificati

I corpi idrici fortemente modificati sono stati costruiti a partire dai primi decenni del '900, questo influisce notevolmente sul loro stato e sulla distribuzione e presenza di sedimenti nella zona profonda. Sono infatti laghi molto giovani, che non hanno avuto il tempo di ricevere forti quantitativi di particolato dal bacino imbrifero e che hanno anche scarsi *input*

dalla conca lacustre dove la flora e la fauna insediate contribuiscono alla creazione di sedimento, solamente durante i periodi dell'anno di maggior fioritura.

Anche in questa categoria di laghi, soprattutto in quelli di origine fluviale, si può riconoscere una zonazione, ma questa si differenzia da quella dei laghi naturali per essere distribuita più in senso longitudinale che in senso verticale (Fig.1.1.2) (Kennedy *et al.*, 1985):

Zona fluviale o lotica (*upper riverine zone*): è caratterizzata dalla presenza di un substrato a materiale grossolano (ciottoli, sassi), da una buona corrente, molto simile a quella dell'immissario, forte torbidità delle acque e quindi luce limitata.

Zona intermedia (*transition o mixing zone*): presenta un notevole rallentamento del flusso d'acqua e una prima sedimentazione del particellato, sempre povero rispetto a un lago naturale.

Zona profonda (*pool zone*): coincide solitamente con la presenza dello sbarramento. Presenta un carattere più lenticico, costituendo quindi l'unica delle tre fasce con caratteristiche simili a quelle naturali, una maggior sedimentazione con accumulo cospicuo di particellato, acque limpide e buona penetrazione della luce.

Alcuni di questi corpi idrici possono avere forma lineare, ma altri derivati dallo sbarramento di corsi d'acqua di notevole dimensione, hanno ampi perimetri, numerosi sotto-bacini e parecchi corsi d'acqua tributari, presentando generalmente una linea perimetrale molto sinuosa (e.g. Regione Sardegna).

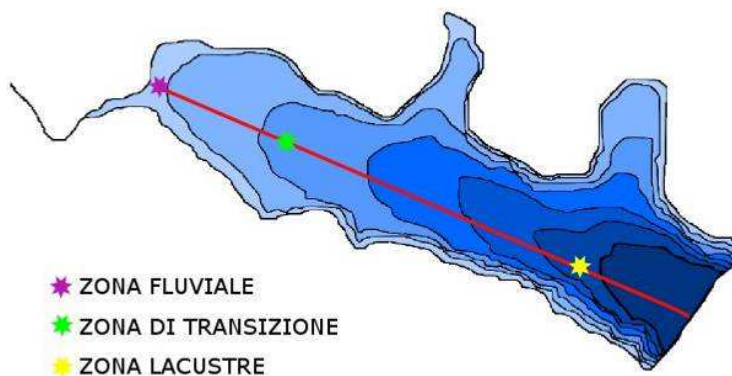


Fig. 1.1.2 - Distribuzione delle stazioni di campionamento in un corpo idrico fortemente modificato con più tributari. Si distinguono le tre fasce: zona fluviale con acque più torbide per rimescolamento e trasporto solido, zona intermedia e zona profonda con acque più limpide per marcata sedimentazione.

Nel predisporre un piano di campionamento di questi ambienti si deve tenere conto innanzitutto dello sfruttamento delle loro acque, che nell'ecoregione mediterranea è intensivo nel periodo estivo, in corrispondenza di più elevate temperature, più intensa evaporazione e lunghi periodi di siccità. Dovendo quindi mantenere un campionamento biennale, il periodo di circolazione delle acque coincide grossolanamente con quello dell'ecoregione alpina (leggermente anticipato per le più miti temperature), mentre il periodo di stratificazione, decisamente protratto nel tempo (da Aprile a Novembre), si sovrappone all'emunzione d'acqua per uso irriguo e/o potabile. Non si può quindi aspettare la fine di questo periodo per effettuare il campionamento, in quanto la scarsità d'acqua riduce notevolmente la profondità del corpo idrico, ma il campionamento dovrà

necessariamente essere effettuato in periodo antecedente le forti riduzioni di volume.

In tali ambienti si procederà posizionando un solo transetto, che dal fiume in entrata procede verso la diga (Fig. 1.1.2).

Quando tale ambiente ha forma pressoché lineare e l'immissario è unico, il transetto deve essere predisposto secondo l'asse lacustre maggiore: la prima stazione sarà posta in corrispondenza dell'entrata dell'immissario, l'ultima in corrispondenza dello sbarramento, in area protetta, mentre la seconda in un punto intermedio fra i due. Se invece la forma è complessa e sinuosa, sicuramente il corpo idrico è dotato di più tributari; si deve quindi considerare un transetto in corrispondenza dell'asse maggiore, più una serie di punti corrispondenti all'entrata di ciascuno dei tributari. Qualora il corpo idrico avesse profondità ragguardevoli (e comunque superiori a 5-7 m) anche lungo gli assi secondari, i punti di campionamento per ogni asse (corrispondente a un tributario o sottobacino) dovranno essere due (Cooke *et al.*, 1986): uno per la fascia litorale ed uno per il sub-litorale.

Anche il campionamento di questi ambienti presenta delle criticità, in particolare l'assoluta sicurezza dell'operatore e la modalità di campionamento. Nel primo caso, l'Ente gestore del corpo idrico fornisce agli operatori una mappa delle zone pericolose (esempio: eventuali presenze di centri abitati rimasti coperti dall'acqua al momento del riempimento dell'invaso, in particolare campanili; l'area antistante la diga, qualora l'emunzione avvenga con creazione di vortici e mulinelli). Nel secondo caso, la ricerca del punto di campionamento è in molti casi difficile, perché i laghi, soprattutto se derivati da sbarramenti fluviali, sono troppo giovani per aver accumulato sufficiente sedimento, in particolar modo nelle prime due fasce ed in presenza di sponde ripide. Si deve quindi essere dotati di ecoscandagli che permettano di rilevare l'alveo fluviale, dove si raccoglie la maggior parte del sedimento, e qui tentare di mantenere l'imbarcazione il più ferma possibile e far scendere lo strumento adottato.

Scelta della strumentazione idonea

Uno dei principali problemi che sorge, usando le comunità a macroinvertebrati come indicatori di qualità, sono le differenze naturali intrinseche alla struttura di comunità causate da fattori diversi dalla qualità dell'acqua, primo fra tutti la natura del substrato. Non tutti gli strumenti di campionamento sono infatti idonei per essere utilizzati sulle diverse tipologie di sedimenti e alle diverse profondità riscontrate in un lago (e.g. retini immanicati e reti a slitta). Nel caso in cui sia richiesto non solo un elenco di specie, ma anche il calcolo della densità e della biomassa di queste, il numero di campionatori utilizzabili in campo si riduce a quelli quantitativi: quali carotatori, draghe e benne.

In tabella 1.1.2 sono indicati alcuni degli strumenti più comunemente utilizzati e i loro limiti di campionamento per tipologia di substrato (ISO 9391, 1993; ISO/TC 147/SC5, in stampa). Tutti sono adottabili in caso di sedimenti molli, in quanto la presenza di sassi o radici complica la chiusura dello strumento. Il carotatore Jenkin è generalmente utilizzato in zone di riva ad alta densità di vegetazione e viene calato e pressato a mano in quei punti dove la vegetazione si fa meno densa. Ha un diametro interno di 5-6 cm ed è in grado di raccogliere 15-20 cm di sedimento fine. Le diverse draghe presentate sono invece strumenti pesanti (20-40 Kg) e quindi meno maneggevoli, e vengono calate anche a grandi profondità da un'imbarcazione, a mano o tramite argano. La loro chiusura è indotta da un messaggero o da un automatismo meccanico che scatta una volta che lo strumento tocca il fondo. La draga di Ekmann ha una superficie di cattura che si aggira intorno ai 220-230 cm², la draga di Ponar copre una superficie di 400-500 cm², mentre la

draga di Petersen circa 400-600 cm². La scelta sull'utilizzo di una delle diverse draghe si basa quindi principalmente sulla compattezza del substrato. Draghe più pesanti, quali quella di Petersen saranno quindi più idonee su substrati duri, caratterizzati da sassi e ghiaia, mentre draghe più leggere, quali la Ponar, sono generalmente ritenute idonee per fondali con sedimento molle (fango) e ghiaia fine. La draga di Ekman invece è poco idonea in presenza di substrati sabbiosi o ricchi di detrito organico grossolano dove può non riuscire a penetrare nel sedimento e non chiudere.

Poiché il Protocollo nazionale per il campionamento dei macroinvertebrati lacustri prevede a tutt'oggi l'analisi dei soli sedimenti molli, anche in questo progetto di ricerca si è limitata l'analisi a questa tipologia di sedimenti.

Tab. 1.1.2 - Elenco dei campionatori quantitativi idonei per differenti tipi di substrato. *: utilizzabile su un certo tipo di substrato; F: può fallire per vari motivi quali imperfetta chiusura, etc.; -: non idoneo.

Substrato	Fango	Ghiaia fine	Ghiaia fine piccoli ciottoli	Piccoli ciottoli	Ciottoli grossolani	Sassi
Dimensioni particella (mm)	< 0,1	0,5÷4	0,5÷32	16÷32	64÷128	> 128
Campionatori quantitativi						
Carotatore Jenkin	*	*	*	--	--	--
Draga di Petersen	*	*	*	*	--	--
Draga di Ponar	*	*	*	--	--	--
Draga di Ekman	*	*F	--	--	--	--

Infine, poiché l'area di cattura del campionario è nota, tutte queste strumentazioni permettono una stima della densità degli organismi catturati valutata in ind m². Per maggiori e più dettagliate informazioni relative alla strumentazione di campagna si rimanda a Edmonson & Winberg (1971), Flannagan (1970), Brower *et al.* (1998).

La scelta del tipo di draga dipende quindi dal volume di sedimento che si desidera raccogliere, dalla profondità della cuvetta, dalla tipologia del sedimento e dalla praticità dello strumento (Mudroch & MacKnight, 1994).

Sulla base di quanto affermato, e dopo valutazione della granulometria, generalmente caratterizzata dalla presenza di sedimento a sabbia finissima, limo e argilla e, in alcuni casi, da marcata profondità della cuvetta lacustre (laghi Viverone, Mergozzo e Morasco in Piemonte e Liscia in Sardegna), si è scelto di lavorare utilizzando una draga di Ponar.

Questa metodica presenta delle criticità, quali 1) i movimenti del campionario stesso su fondi bassi, prima o durante la raccolta; 2) l'onda di pressione che anticipa l'arrivo dello strumento, 3) la resistenza alla penetrazione opposta dal campionario stesso, fattori che disturbano la fauna e ne inducono la fuga. Anche 4) forti pendenze possono impedire una discesa lineare della draga. Quando la draga tocca il fondo, tende infatti ad inclinarsi, appoggiandosi su un lato, rendendo impossibile la buona riuscita del campionamento. Infine, 5) pietre di piccole dimensioni possono rimanere tra le ganasce o particelle fini possono insinuarsi tra il lato della scatola e le ganasce, creando attrito ed impedendo la buona chiusura dello strumento, con conseguente parziale perdita di campione. Tutti fattori che rendono il campione inutilizzabile.

La scelta dello strumento per la raccolta degli organismi bentonici è quindi un punto molto

importante per la buona riuscita di una campagna di campionamento.

Un ulteriore problema da affrontare nello studio dei macroinvertebrati è il numero di repliche da considerare per ottenere un campione rappresentativo. Più repliche raccolte nella stessa stazione di campionamento (ossia medesimo transetto e stessa profondità) costituiscono il campione di quella stazione. Il numero di repliche da raccogliere è una decisione complessa che tiene conto della dimensione del campionatore. È infatti, importante sottolineare che, sia nei campioni qualitativi che in quelli quantitativi, il numero di specie o di taxa raccolto aumenta con il numero di individui catturato, con il numero di repliche e/o con le dimensioni del campionatore (McIntyre *et al.*, 1984 – Fig. 1.1.3).

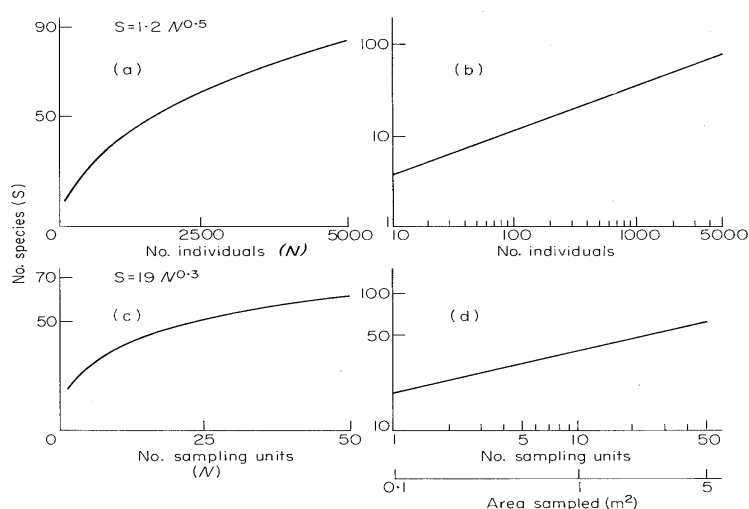


Fig. 1.1.3 – Relazione fra numero di specie e numero di individui (a) scala aritmetica, (b) scala logaritmica) e relazione fra numero di specie e area campionata (c) scala aritmetica, (d) scala logaritmica) (modificato da Holme & McIntyre, 1984)

La scelta del campionatore implica quindi che, vista la stretta correlazione fra numero di specie e area del campionatore, maggiore è la dimensione del campionatore e minore potrà essere il numero di repliche da raccogliere per ottenere un elenco di specie rappresentativo dell'area di studio, e viceversa. Un carotatore quindi, ha il difetto di avere un diametro interno molto piccolo tale da dover prevedere molte repliche (generalmente 6) ed un successivo lavoro di smistamento della fauna più lungo. Servendosi invece di una draga di maggiori dimensioni di cattura si possono fissare un numero di repliche inferiori (non inferiore a 3), ottimizzando sia il campionamento, reso più facile dalla maggior maneggiabilità della draga e dal prelievo di un numero inferiore di repliche, che il tempo dedicato allo smistamento, prendendo quantitativi di sedimento minori.

Trattamento dei campioni raccolti

In campo

Subito dopo il prelievo si risciacqua ciascun campione all'interno di un retino a base quadrata dotato di rete a maglie uguali a quelle utilizzate per il campionamento (qualora si sia usato un retino immanicato). Il risciacquo in campo elimina il sedimento fine in eccesso, riducendo i quantitativi di fissativo richiesti, e facilitando la penetrazione di quest'ultimo all'interno degli organismi. Il risciacquo viene effettuato fuori bordo, muovendo

il retino in acqua, in senso verticale ed orizzontale, impedendo alla bocca del retino di essere immersa in acqua, fino a quando la maggior parte del sedimento è eliminata. In condizioni meteorologiche avverse, il risciacquo può essere eseguito all'interno di un secchio colmo d'acqua. Tale metodica risulta inoltre consigliabile per non rovinare gli organismi più delicati, evitando il risciacquo sotto il getto diretto dell'acqua.

Anche la scelta dell'apertura della maglia di tale retino dipende dallo scopo della ricerca (ISO 9391, 1993; ISO/TC 147/SC5, in stampa). Nel nostro caso si è preferita un'apertura di 250 μm per essere sicuri di ottenere un buon dettaglio sulla fauna a macroinvertebrati. Tale apertura infatti permette anche la cattura degli organismi di più piccole dimensioni, siano essi i primi stadi di sviluppo larvale degli insetti o altri piccoli organismi, che possono risultare interessanti nella valutazione della qualità delle acque.

I campioni vengono poi posti in contenitori quali sacchetti o barattoli in polietilene (Fig. 1.1.4), le cui dimensioni variano a seconda della quantità di sedimento rimasto (generalmente si utilizzano barattoli da 400 o 800 ml o 1 litro).



Fig. 1.1.4 - Trattamento dei campioni per analisi biologica: particolare della draga utilizzata, del risciacquo e del trasferimento del campione nei barattoli.

I campioni, non potendo essere smistati in campo, vengono conservati in formalina stabilizzata (concentrazione finale ~10%) o alcool (al 70-80%), a seconda, rispettivamente, della maggior o minor presenza di sostanza organica per arrestare l'attività biologica ed impedire la degradazione e la lisi cellulare. In genere, l'uso della formalina è preferito all'alcool, anche perché essendo più potente e più rapida nel penetrare all'interno dei tessuti, permette di utilizzare una minor quantità di fissativo (Callieri & Stockner, 2002). La formalina preserva le colorazioni degli organismi e conserva bene anche parti molto delicate (Ferrarese & Rossaro, 1981), pur comportando l'irrigidimento dei tessuti, rendendoli fragili. L'alcool, invece, ha scarsa capacità di penetrazione, soprattutto in presenza di elevate quantità di sostanza organica, quindi alcuni organismi delicati come gli Oligocheti, rimangono fragili e si spezzano rendendone poi impossibile il conteggio e l'identificazione. L'alcool inoltre, facilita la decolorazione del tegumento degli organismi, talvolta molto utile per la successiva identificazione tassonomica.

Il campione fissato viene etichettato e portato in laboratorio (Fig. 1.1.5). Su ogni etichetta dovranno essere riportati: il nome del corpo idrico, il numero di identificazione del campione, nome o numero della stazione, profondità, data, ed altre informazioni utili come il numero della replica, il transetto, ecc. Si raccomanda di usare inchiostro di china o

matite a grafite e non penne a sfera per scrivere le etichette, in quanto l'inchiostro delle penne a sfera si cancella facilmente in presenza di solventi come l'alcool.



Fig. 1.1.5 - Trattamento dei campioni per analisi biologica: particolare relativo all'aggiunta di fissativo e all'etichettatura dei campioni.

In laboratorio

Una volta in laboratorio, l'operatore dapprima risciacqua nuovamente il campione utilizzando lo stesso retino usato in campo oppure setacci con maglie di ampiezza diversa, per rimuovere il sedimento eventualmente ancora presente e per facilitare il successivo smistamento. L'uso dei setacci facilita lo smistamento in quanto si ottengono frazioni separate sulla base delle dimensioni del materiale organico grossolano, ma contemporaneamente può rovinare o distruggere quegli organismi che tendono a disporsi "a cavallo" delle maglie stesse.

In ogni caso, nel caso in cui venga usata la formalina come fissativo, si raccomanda di eseguire il risciacquo usando una cappa aspirante così da eliminare, oltre al detrito fine, anche il fissativo stesso che è tossico e cancerogeno. È opportuno inoltre, che le acque di lavaggio contenendo formalina siano smaltite in appositi contenitori e non versate nella rete domestica delle acque di scarico. Si raccomanda in ogni caso l'opportunità di lasciar passare il minor tempo possibile tra la raccolta ed il lavaggio dei campioni; ciò consente di ridurre la quantità di formalina necessaria alla conservazione dei campioni e le conseguenti necessarie misure di sicurezza. Durante questa operazione, si deve eliminare anche tutto il materiale grossolano (organico o meno) presente nel campione (come sassi, pezzi di legno o foglie), sciacquandolo all'interno del retino per evitare perdite di organismi. Nell'eseguire il risciacquo in laboratorio, il retino contenente il campione viene posizionato in un contenitore e mosso delicatamente, facendo attenzione a non immergere la bocca del retino da risciacquo nel contenitore stesso, evitando quindi la perdita di organismi. Il campione viene poi spostato in un *becker* contenitore per procedere all'eventuale suddivisione del campione in sottocampioni ed allo smistamento.

Nel caso specifico si è deciso di non operare tramite sottocampionamento.

La separazione degli organismi bentonici dal sedimento (*sorting*) richiede molto tempo, soprattutto se si è interessati anche alla raccolta di stadi giovanili. Nel tempo, si sono quindi ideati diversi metodi per semplificare e velocizzare le operazioni di smistamento. La prima, facilmente adottabile, è quella di separare il surnatante e gli organismi ad esso associati tramite un colino a maglia fine. Dopo questa prima operazione si rovescia in un *becker* il campione e lo si fa ruotare delicatamente in senso orario facendo decantare il materiale organico e concentrandolo in un *becker* separato. Questa fase va ripetuta più volte, fino a quando tutto il materiale organico non sia stato separato dalla frazione

minerale. A questo punto, da un campione ne sono stati ottenuti 3 a diversa pezzatura e più facilmente lavorabili. Nella frazione minerale, infatti, non dovrebbero essere rimasti organismi e può quindi essere eliminata, dopo vaglio allo stereomicroscopio di almeno 5 capsule Petri consecutive, senza alcun ritrovamento. Nelle altre due frazioni, invece, gli organismi saranno molto concentrati e più facilmente visibili.

I campioni possono anche essere lavorati in vasche a fondo bianco, utilizzando eventualmente lenti d'ingrandimento 2x, oppure in vasche a fondo scuro per avere un maggior contrasto con gli organismi che presentano tinte poco appariscenti. Alcuni ricercatori utilizzano Rosa Bengala, proposto in America a partire dagli anni '60 senza indicazioni su una concentrazione definita (Engineering Sciences Incorporated, 1963), per aumentare il contrasto fra organismi e colorazione della vasca di fondo e facilitare il riconoscimento degli stessi, soprattutto degli organismi di più piccole dimensioni, dal resto della sostanza organica. Tale tecnica è però poco accettata dai tassonomi, che vedono l'uso del colorante come una copertura alla normale colorazione dell'organismo che ne complica la successiva identificazione tassonomica. Nel caso degli Oligocheti, tale colorazione può anche interferire con il successivo uso di coloranti, che servono a mettere in evidenza caratteri diagnostici fondamentali per l'identificazione.

Al termine dello smistamento, si può procedere con la suddivisione dei vari organismi nei diversi gruppi tassonomici. In questa fase, il campione va mantenuto in acqua per evitare il disseccamento degli organismi stessi, rabboccandola ed evitandone la completa evaporazione. Tutte queste operazioni vanno eseguite al microscopio stereoscopico (con ingrandimenti fino a 100x), con piccole parti di campione poste in una capsula Petri.

Si prosegue lo smistamento fino alla raccolta di tutti gli organismi. Gli organismi, prelevati con una pinzetta o un ago immanicato, vengono contati e suddivisi nei diversi gruppi tassonomici inserendoli in fialette gruppo-specifiche contenenti alcool (è sufficiente una concentrazione pari al 50%). All'interno di ogni fialetta si inserisce un'etichetta che riporta, oltre a quanto scritto sulla bottiglia, anche il nome del gruppo di organismi. Le fialette vengono poi chiuse con cotone idrofilo ed inserite in bottiglie di vetro o in barattoli di plastica, che vengono etichettati e riempiti di alcool. Il cotone idrofilo evita la fuoriuscita degli organismi, permettendo al contempo un continuo ricambio con il fissativo esterno. Con il passare del tempo, è necessario controllare il livello raggiunto dall'alcool, per evitare il disseccamento del campione.

Una volta smistati tutti i campioni, si procede con l'identificazione tassonomica attraverso la preparazione di vetrini e l'uso di microscopi ottici, qualora si tratti di parti di organismi piccoli, mentre l'organismo intero verrà osservato allo stereo-microscopio. Nel caso di Ditteri Chironomidi e di Oligocheti si dovranno allestire preparati microscopici che ingrandiscano il capo o il solo apparato boccale, le setole, gli organi riproduttivi, ossia tutti quegli organi o parti del corpo utili per una loro successiva identificazione. Per la preparazione dei vetrini permanenti o semi-permanenti di Ditteri Chironomidi è utile fare riferimento a Lencioni *et al.* (2007; 2012, in prep.), per gli Oligocheti si può utilizzare Campaioli *et al.* (1999) e Sambugar & Giacomazzi (2012, in prep.). Per l'identificazione di altri ordini di macroinvertebrati si suggerisce di utilizzare le chiavi tassonomiche specifiche (AA.VV., 1977-1985; Lencioni *et al.*, 2012, in prep.), per arrivare alla specie. Infatti, un livello tassonomico approfondito è quanto richiesto per la messa a punto degli Indici di valutazione della qualità delle acque (Rossaro *et al.*, 2011) come richiesto dalla Direttiva Quadro sulle Acque. È quindi necessario dettagliare approfonditamente il livello conoscitivo per ciascuno dei laghi italiani in esame, per riuscire ad identificare la presenza

o meno di taxa sensibili e/o tolleranti. Infatti, aggregando i taxa in unità superiori si ottengono gruppi che includono al loro interno taxa sia tolleranti che sensibili. In generale, è accezione comune ritenere che la macrofauna risponda a stress idraulici, chimici e tossici, ma che tali risposte siano, in alcuni casi, specie-specifiche. Ciò nondimeno, sino ad oggi, è stata data poca importanza alla tassonomia ed all'influenza dei fattori naturali nel determinare la struttura di comunità e quindi al valore assunto dalle specie. È quindi necessario conoscere la risposta dei singoli taxa ai diversi fattori se si vogliono separare l'effetto dell'inquinamento da quello dei fattori naturali sulla struttura di comunità. L'uso di gruppi tassonomici ampi, e di conseguenza più generici, è giustificato da ragioni pratiche. In realtà, tale procedura genera gruppi molto eterogenei come nei Ditteri Chironomidi, all'interno dei quali sono presenti specie che appartengono a uno stesso genere, che hanno risposte ecologiche nettamente diverse. Si suggerisce, quindi, un maggior dettaglio tassonomico per distinguere le diverse risposte ecologiche; solo in questo modo è possibile infatti produrre modelli previsionali che mettano in relazione la risposta delle singole specie ai parametri ambientali. L'uso di *exuviae* larvali e pupali, e degli adulti facilita notevolmente il compito del tassonomo.

Metodi a supporto dell'identificazione tassonomica

Retino da zooplancton per raccolta di exuviae (Fig. 1.1.6)

Nello studio delle popolazioni bentoniche risulta molto importante anche la raccolta delle exuviae degli insetti acquatici, lasciate dalle larve e dalle pupe al momento dello sfarfallamento. Queste si raccolgono tramite un retino da plancton (De Bernardi, 1984), che viene trascinato sulla superficie dell'acqua con imboccatura semi-sommersa, da un punto sotto vento lungo il perimetro della riva o da un'imbarcazione. Il retino è costituito da una rete conica terminante con un contenitore per la raccolta degli organismi. La scelta delle maglie della rete ha effetti sull'efficienza di filtrazione e di occlusione delle maglie stesse che, generalmente, sono costituite da una tela di nylon ad un filo, in quanto è un materiale che non subisce distorsioni durante l'uso, e si deteriora molto lentamente.

Retini entomologici da farfalle e da sfalcio (Fig. 1.1.6)

La fauna macroinvertebrata bentonica in un lago è composta principalmente da insetti, soprattutto lungo la fascia litorale, dove la fauna è solitamente più diversificata. Spesso la cattura degli adulti è utile per la determinazione a livello di specie, non sempre possibile a livello lavale (es. Ditteri). La cattura degli adulti può essere fatta attraverso l'uso di retini entomologici. Ne esistono due modelli principali: uno più leggero, con rete sottile (tulle) ed intelaiatura in alluminio con manico telescopico e smontabile, detto da farfalle; un secondo, con sacco di juta molto spesso e resistente, ideale per sfalciare fra i canneti e le erbe alte, con intelaiatura più pesante. Entrambi questi retini hanno bocca rotonda di diametro variabile fra 20 e 50 cm, dotata di un sacco a rete profondo 40-50 cm con forma conica oppure arrotondata sul fondo.

Il censimento deve essere attuato a diverse altezze per prendere in considerazione specie differenti, con l'operatore posto di fronte al sole (Zangheri, 1981). La tecnica di campionamento consiste nel "falciare" il terreno o tra le canne, facendo in modo che la propria ombra non venga proiettata in avanti, perché gli insetti non mettano in atto la tanatosi, comportamento antipredatorio che prevede il lasciarsi cadere e mostrarsi morti, rendendo meno proficua la cattura. Gli insetti immobili a terra, sono più difficili da catturare

con un retino di questo tipo, introducendo un fattore di rischio di sottostima del popolamento. Al termine della falciatura, l'operatore cattura gli organismi presenti nel retino tramite un aspiratore (Fig. 1.1.6). L'aspiratore è costituito da un contenitore in plastica con due fori sul tappo: da entrambi i fori fuoriescono dei tubicini, sempre in plastica, uno dei quali (quello per la cattura) lungo 8-10 cm, l'altro lungo 30-60 cm. L'operatore appoggia il tubicino per la cattura sull'insetto da catturare e aspira, appoggiando la bocca al secondo tubicino, dotato internamente all'aspiratore, di una garza, onde evitare che gli insetti possano raggiungere la cavità orale. Il vuoto prodotto nel contenitore permette l'aspirazione dell'insetto all'interno del contenitore.

La cattura con questi sistemi è considerata standardizzata qualora si fissi un'unità di misura di tempo o di spazio.

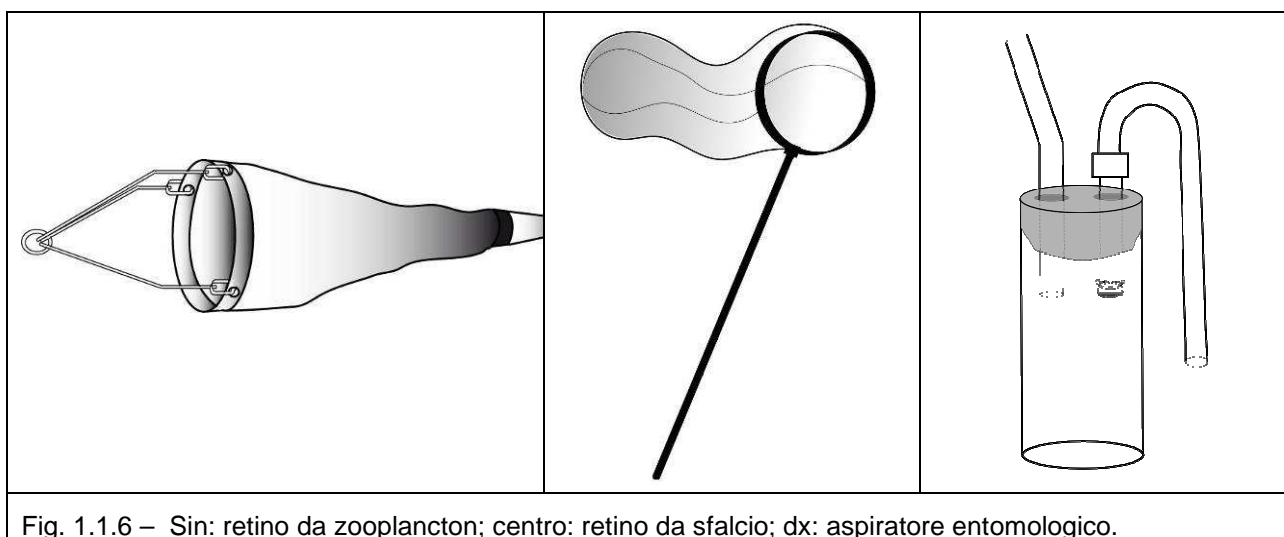


Fig. 1.1.6 – Sin: retino da zooplancton; centro: retino da sfalcio; dx: aspiratore entomologico.

Al momento dell'identificazione, condotta al più basso livello possibile, i diversi taxa vengono contemporaneamente conteggiati. Quindi per ogni replica raccolta in ogni stazione considerata per ogni fascia di profondità, nel lago oggetto di studio, si devono conteggiare i singoli organismi trovati per ognuno dei taxa identificati. I valori ottenuti per ogni singola replica andranno mantenuti separati fra loro ed utilizzati in seguito per il calcolo del valore medio di abbondanza di ciascuna specie.

Dal conteggio delle singole specie appartenenti alle diverse famiglie ed ai diversi ordini, si ottiene il valore degli individui totali appartenenti alla dragata in esame.

Il metodo di campionamento qui descritto è attualmente sottoposto a revisione nell'ambito del processo di intercalibrazione che si svolge a livello europeo, insieme alla metrica di classificazione ecologica delle acque.

Attualmente, non esiste consenso a livello internazionale sulle metodiche da adottare; infatti, i diversi Stati Membri partecipano al processo di intercalibrazione considerando pressioni diverse: idro-morfologia, acidificazione ed eutrofizzazione delle acque.

Per quanto riguarda l'eutrofizzazione, a livello europeo si è deciso di non considerare i macroinvertebrati come buoni indicatori di questa pressione, in quanto altri elementi di qualità (fitoplancton e pesci) potevano descrivere le condizioni lacustri in modo più appropriato e meno dispendioso in termini di tempo e denaro. L'Italia, al contrario, è convinta che questa decisione non sia la più corretta dal punto di vista applicativo: infatti,

tali elementi, limitati agli strati d'acqua più superficiali, non possono descrivere al meglio le condizioni ecologiche dell'ipolimnio, soprattutto nel caso di cuvette lacustri molto profonde, dove il volume d'acqua dell'ipolimnio supera di gran lunga quello dell'epi- e del metalimnio. L'ipolimnio è infatti l'area maggiormente compromessa da periodi di ipossia o anossia. Quindi, una eventuale classificazione ecologica delle acque che non tenesse conto della fascia profonda potrebbe portare ad una sovrastima nella classificazione stessa di un lago, inducendo scorrette pratiche di gestione ed impedendo il completo risanamento della qualità delle acque.

In particolare, all'interno del GIG_Alpinò a cui partecipa l'Italia, Austria, Germania, Slovenia e Francia hanno deciso di considerare la pressione idro-morfologica, come pressione per derivare i limiti di classe, mentre l'Italia presenta un metodo che prende in considerazione la pressione eutrofizzazione. Proprio questa discordanza iniziale, diversifica inevitabilmente le metodiche di campionamento, che saranno infatti mirate alla fascia litorale lacustre, nel primo caso, e alle tre fasce generalmente riconosciute all'interno di un lago, nel secondo caso.

Il progetto attualmente in corso (INHABIT) potrà però essere di supporto fornendo nuovi dati, relativi soprattutto alla caratterizzazione idro-morfologica lacustre, permettendo una comune definizione di stato ecologico attraverso il confronto dei nuovi dati acquisiti con quelli degli altri Paesi partecipanti al GIG. L'Italia potrà così verificare se il metodo di classificazione basato sui macroinvertebrati e basato sulla pressione eutrofizzazione, risponde altrettanto bene alla pressione idro-morfologica, portando alla precisazione dei limiti di classe per i diversi Stati Membri.

Le metodiche di campionamento e le metriche di classificazione utilizzate a livello di GIG Alpino sono in discussione durante la prossima riunione che si terrà a Parigi nei giorni 19-20 Settembre c.a.

Campionamento dei sedimenti per indagini biologiche, analisi granulometriche e chimiche

Nella Regione Piemonte sono stati campionati 7 laghi, di cui 5 naturali (Mergozzo, Viverone, Candia, Sirio e Avigliana piccolo) e 2 fortemente modificati (Serrù e Morasco).

Nella Regione Sardegna sono stati campionati 5 laghi, tutti fortemente modificati (Bidighinzu, Liscia, Posada, Sos Canales e Torrei). Il vantaggio presentato dalla vicinanza alla sede di servizio di alcuni di essi (Candia, Sirio e Viverone) ha permesso di effettuare un'analisi preliminare della granulometria, così da agevolare la decisione sul posizionamento dei transetti. Per i laghi in cui non è stato possibile effettuare preliminarmente questo tipo di analisi, si è deciso di far coincidere il campionamento per l'analisi granulometrica al campionamento biologico.

Come precedentemente messo in evidenza, tutti i laghi campionati nella Regione Sardegna sono bacini fortemente modificati, costruiti in epoca successiva al 1900, sono quindi laghi "relativamente" giovani, che presentano scarso sedimento rispetto ai laghi naturali. Un secondo problema riguarda la natura del substrato: questi laghi infatti, creati dallo sbarramento di un fiume di grosse dimensioni, presentano un bacino con sponde molto ripide (Fig. 1.1.7), costituito principalmente da massi, ciottoli, e pietre di varie dimensioni. Questo ha ostacolato la chiusura della draga, non permettendone l'utilizzo, almeno nella fascia fluviale dove l'erosione è di notevole entità e quindi il sedimento molto scarso.

È da sottolineare inoltre, che la profondità dei punti di campionamento può variare notevolmente durante le stagioni, a seconda che le acque dell'invaso vengano o meno

utilizzate a scopo idro-potabile, causando anche la messa a nudo della fascia fluviale per lunghi periodi di tempo, causa di impoverimento o scomparsa della comunità a macroinvertebrati.

Per tutti i punti campionati sono state rilevate le coordinate, utilizzando un Global Positioning System (GPS) che può essere, o meno, direttamente connesso ad un computer (Fig. 1.1.8), che permette di registrare il proprio spostamento e stabilire la propria posizione nel contesto della mappa di campionamento.



Fig. 1.1.7 - Esempio di substrati di bacini fortemente modificati.

In campo le informazioni sono state memorizzate, ed una volta arrivati in laboratorio “analizzate” attraverso un *software* per la gestione, l'analisi e la visualizzazione di informazioni con contenuto geografico e spaziale (Quantum GIS - applicazione *open source* di tipo GIS (Geographical Information System). Tale sistema garantisce la riproducibilità del campionamento e quindi di ritrovare i punti esatti nelle successive uscite di campagna.

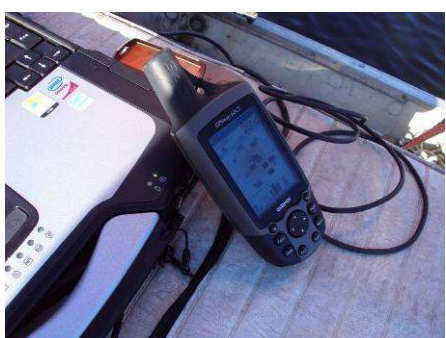


Fig. 1.1.8 - GPS utilizzato durante i campionamenti.

Nelle schede dedicate ai diversi laghi, e presentate di seguito, vengono così riportate tutte le stazioni di campionamento con le relative coordinate di riferimento.

I campioni per l'analisi granulometrica vanno prelevati con la stessa draga utilizzata per la raccolta dei campioni per l'analisi biologica. Una volta prelevati, sono stati trasferiti, con l'aiuto di una spatola, all'interno di sacchetti (Fig. 1.1.9). Durante questa fase si deve cercare di eliminare il più possibile l'acqua in eccesso, in quanto questa può inficiare le successive analisi o creare problemi di trasporto. Anche in questo caso il campione è stato etichettato con il nome del lago, il nome della stazione, la profondità di campionamento e la data. Questi campioni sono poi stati posti in cella frigorifera fino al momento dell'analisi, per evitare che la sostanza organica presente subisca delle alterazioni.

Dagli stessi campioni prelevati per le analisi granulometriche vengono separate due aliquote. Una, riposta in un piccolo contenitore preventivamente tarato (Fig. 1.1.10), viene analizzata per conoscere il contenuto d'acqua, sostanza organica e carbonati. Il contenitore è sigillato con il nome del lago, il punto di campionamento e la replica. Il materiale così ottenuto viene congelato e conservato in freezer fino al momento dell'analisi.



Fig. 1.1.9 – Conservazione di sedimento per analisi

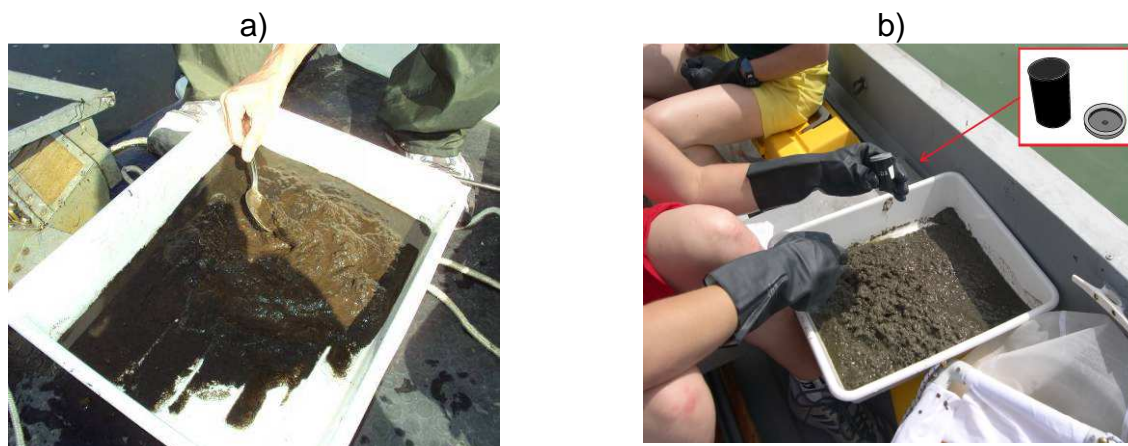


Fig. 1.1.10 - Trattamento dei campioni per analisi del contenuto d'acqua/sostanza organica /carbonati: a) omogeneizzazione del campione; b) contenitore tarato utilizzato per conservare il sedimento per le successive analisi.

La seconda aliquota, di maggiori dimensioni, viene sottoposta ad analisi granulometrica meccanica, previo trattamento con perossido di idrogeno (30%) per la digestione della sostanza organica (Boggero *et al.*, 2011b).

L'aliquota usata per la determinazione del contenuto in acqua, sostanza organica e carbonati (ca. 30 g), viene ulteriormente suddivisa in due sub-aliquote: una parte viene sottoposta ad analisi del contenuto in acqua, tramite pesate condotte prima e dopo un trattamento in stufa a circa 60 °C. Il risultato fornisce una stima del contenuto in acqua. La

seconda sub-aliquota viene in parte analizzata per le concentrazioni di sostanza organica e carbonati, espresse come percentuale di peso secco, misurando la differenza in peso dopo calcinazione in muffola a 500 e poi a 900 °C. Il procedimento utilizzato è il metodo della perdita in peso per calcinazione, LOI (*Loss On Ignition*) (Bengtsson & Enell , 1986; Heiri *et al.*, 2001). Per il dettaglio delle singole fasi di preparazione del campione e di successiva analisi, si veda Boggero *et al.* (2011a).

Campionamento per le analisi fisico-chimiche delle acque

Nei laghi di bassa quota, i campioni per le analisi chimiche devono essere abbinati alla raccolta dei campioni biologici, per quanto riguarda sia la distribuzione spaziale sia la frequenza di campionamento.

I campioni vanno raccolti con bottiglia a strappo dotata di termometro a rovesciamento e trasferiti in bottiglie di stoccaggio della capacità di un litro, che hanno il vantaggio di essere resistenti agli agenti chimici ed alle variazioni termiche ed hanno una buona resistenza all'urto. Nel passaggio d'acqua fra la bottiglia di campionamento e quella di stoccaggio si devono avvinare le bottiglie di stoccaggio prima di procedere al loro riempimento. Inoltre, si deve porre attenzione a riempire completamente le bottiglie, evitando l'intrappolamento d'aria, semplicemente schiacciando le pareti della bottiglia al momento della chiusura con il contro-tappo. In questo modo si eviteranno scambi con l'ambiente aereo. I campioni vanno prelevati, conservati al buio a 4 °C e analizzati il prima possibile. Le analisi da realizzare riguardano principalmente la temperatura, l'ossigeno disciolto, il pH, la conducibilità ed i nutrienti.

Nei corpi idrici fortemente modificati, invece, il campionamento viene effettuato nel punto di massima profondità nei pressi dello sbarramento, badando a che questo non sia sottoposto ad influenza di opere di prelievo e/o di immissione.

I campioni dell'ossigeno disciolto sono stati prelevati separatamente, ma negli stessi punti, tramite bottiglie in vetro da 150 ml con tappo in vetro smerigliato tagliato a becco di flauto, in modo da garantire il completo riempimento della bottiglia ed evitare la formazione di bolle d'aria quando le bottiglie vengono tappate. Al momento del prelievo del campione, l'ossigeno è stato immediatamente fissato tramite l'aggiunta di 1 ml di cloruro di manganese e successivamente di 1 ml di ioduro-sodio azide (Winkler, 1888), così da fissare immediatamente l'ossigeno evitando alterazioni. Durante il trasporto tutte le bottiglie vengono introdotte in contenitori termoisolanti, in modo da conservarle al buio e ad una temperatura compresa tra 4 e 10°C, accortezza che rappresenta una delle migliori garanzie per la stabilizzazione dei campioni stessi.

In tutti i laghi si è inoltre misurata la trasparenza, tramite Disco di Secchi, comunemente utilizzato per misurare la trasparenza delle acque in un lago. Viene misurata in metri e si ottiene dalla media tra la profondità di scomparsa e quella di ricomparsa alla vista del disco.

Il campionamento per l'analisi chimica delle acque è stato svolto in maniera differente nei laghi Piemontesi e nei laghi Sardi. Questa differenza è nata dal fatto che, nei primi, campionamenti ed analisi sono state effettuate da ARPA Piemonte nei laghi naturali dell'Anfiteatro morenico di Ivrea e nel L. di Avigliana piccolo, e da CNR-ISE nel L. di Mergozzo e negli invasi, mentre nei laghi Sardi, campionamenti ed analisi chimiche sono state eseguite da ENAS (Ente Acque Sardegna), gestore degli invasi oggetto di studio.

1.2 METODICHE DI CAMPIONAMENTO DEL FITOPLANCTON

Nel contesto europeo ed extraeuropeo esistono numerose linee guida relative alla procedura da adottare per campionare il fitoplancton lacustre. L'aspetto più critico nel campionamento del fitoplancton riguarda la scelta dello strato da campionare, a causa di possibili disomogeneità nella distribuzione delle alghe, soprattutto in condizioni di stratificazione termica, come evidenziato da Nöges et al. (2010). La maggior parte di queste linee guida raccomandano di prelevare un campione integrato nello strato epilimnico o nella zona eufotica, definita come il valore di trasparenza, misurata col Disco di Secchi, moltiplicato per 2 – 2.5 (Nöges et al., 2010).

In Europa, in relazione all'implementazione della Direttiva 2000/60, non è stato stabilito nessun protocollo standard per il campionamento del fitoplancton, né si è proceduto ad una armonizzazione dei metodi nazionali.

Le linee guida per il monitoraggio emanate in ambito comunitario (EC, 2003) prescrivono la raccolta di un campione integrato o di campioni discreti in strati differenti della colonna d'acqua (epilimnio, zona eufotica, metalimnio). La mancanza di prescrizioni chiare ed omogenee ha portato allo sviluppo di protocolli nazionali per il monitoraggio alquanto differenti (Tabella 1.2.1).

La situazione attuale è conforme allo spirito della WFD, secondo cui differenti sistemi di monitoraggio sono accettabili, purché possano essere intercalibrati efficacemente. Sebbene alcuni autori (Hanna & Peters, 1991), confrontando differenti strategie di campionamento per il fitoplancton, abbiano concluso che questo indicatore è sufficientemente robusto riguardo agli errori derivanti dal protocollo di prelievo adottato, Nöges et al. (2010), tuttavia, mettono in evidenza come un prelievo che porti ad escludere un possibile accumulo profondo di biomassa algale (DCM, Deep Chlorophyll Maximum), possa comportare un grave errore di classificazione di un lago nella scala di qualità ecologica (fino a 2 livelli sulla scala di 5 prevista dalla WFD).

Il protocollo nazionale di riferimento

La Direttiva 2000/60/CE stabilisce (Allegato V, 1.3.4) che “Per il monitoraggio sono fissate frequenze che tengono conto della variabilità da condizioni sia naturali che antropiche. Il momento in cui effettuare il monitoraggio è scelto in modo da minimizzare l'incidenza delle variazioni stagionali sul risultato ed assicurare quindi che quest'ultimo rispecchi i mutamenti intervenuti nel corpo idrico a seguito di cambiamenti dovuti alla pressione antropica. Per conseguire questo obiettivo sono effettuati, se necessario, monitoraggi supplementari in stagioni diverse del medesimo anno.”

Poiché le associazioni fitoplanctoniche variano con una periodicità stagionale abbastanza precisa e ripetibile da un anno con l'altro, è possibile ottimizzare lo sforzo di raccolta ed analisi dei campioni scegliendo opportunamente i mesi in cui effettuare il prelievo, in modo da limitare il campionamento ai periodi realmente significativi. Questo aspetto assume un diverso significato per i invasi di quelle regioni in cui, oltre che al normale susseguirsi di situazioni stagionali tipiche, si verifica anche l'alternarsi non regolare di annate di intensa siccità, capaci di modificare ed influenzare in maniera sensibile e significativa la limnologia

di base degli invasivi e, quindi, lo stesso fitoplancton.

Sulla base dei dati relativi alla successione delle associazioni fitoplanctoniche, disponibili per i laghi italiani, è stato predisposto un protocollo nazionale per il campionamento del fitoplancton in acque lacustri (Buraschi et al., 2008), sulla base del quale è stata impostata la strategia di campionamento seguita nell'ambito del progetto.

Tabella 1.2.1 - Prospetto dei metodi di prelievo del fitoplancton nei Paesi della Comunità Europea (modificato da Nöges et al., 2010).

Nazione	Metodo	Riferimento
Austria	Zona eufotica o epilimnio (se > zona eufotica)	Wolfram and Dokulil (2009)
Belgio	Campioni integrati da epilimnio e metalimnio	Poikane (2009)
Estonia	2-3 campioni discreti in funzione della stratificazione	Poikane (2009)
Finlandia	Campione integrato superficiale (0-2 m)	Lepisto et al. (2004)
Francia	Integrato in superficie o sull'intera colonna d'acqua o nella zona eufotica (2.5 Zs)	Poikane (2009)
Germania	Epilimnio o zona eufotica (2.5 Zs)	Mischke and Nixdorf (2008)
Ungheria	Integrato zona eufotica, intera colonna nei laghi poco profondi (<3.5 m)	Padisak et al. (2006)
Italia	Integrato zona eufotica	Marchetto et al. (2009)
Olanda	Epilimnio	Poikane (2009)
Norvegia	Integrato superficiale (0-6 m)	Ptacnik et al. (2006)
Polonia	Epilimnio	Pasztaleniec and Poniewozik (2009)
Portogallo	Integrato zona eufotica (2.5 Zs)	Poikane (2009)
Spagna	Integrato zona eufotica (2.5 Zs)	Poikane (2009)
Svezia	Epilimnio o campione superficiale (0.5 m)	SEPA (2007)
UK	Campione superficiale (0.3 m)	UKTAG (2008)

Per quanto riguarda la frequenza di campionamento, il protocollo prevede di effettuare 6 prelievi stagionali, distribuiti come segue nel corso dell'anno:

- 1 campione da prelevare nel periodo Gennaio – 15 Marzo, rappresentativo delle comunità invernali;
- 1 campione da prelevare nel periodo Aprile - 15 Maggio, rappresentativo delle comunità primaverili;
- 1 campione da prelevare nel periodo Luglio – Agosto, rappresentativo delle comunità estive;
- 1 campione da prelevare nel periodo 15 Ottobre – Novembre, rappresentativo delle comunità autunnali.

In aggiunta a questi prelievi è opportuno prelevare altri 2 campioni, rispettivamente nel periodo 15 Maggio – 15 Giugno e nel mese di Settembre, come rappresentativi delle fasi di transizione dalla comunità primaverile a quella estiva e da quella estiva a quella autunnale.

La scelta di questi periodi di campionamento è stata ricavata dall'analisi di serie storiche a lungo termine dei laghi Maggiore e Candia, disponibili presso il CNR-ISE. Per ogni singolo anno della serie storica, la composizione in specie delle associazioni fitoplanctoniche riscontrate in campioni raccolti mensilmente è stata analizzata con l'indice di similarità di Bray-Curtis. La matrice di similarità così ottenuta è stata sottoposta a cluster analysis, ottenendo gruppi di campioni con composizione in specie simile. Per ogni anno, i gruppi di campioni sono stati ordinati secondo la successione stagionale e divisi in sei periodi (Inverno, Primavera, Tarda Primavera, Estate, Tarda Estate, Autunno). Infine, è stata misurata la frequenza con la quale i singoli campioni mensili venivano raggruppati in uno dei sei periodi: in Fig. 1.2.1 è riportato il risultato ottenuto per il Lago di Candia, sulla base del quale sono stati individuati i periodi significativi per ottenere un campione di fitoplancton rappresentativo della stagionalità. Il risultato è generalizzabile ad ambienti di tipologia differente: infatti raggruppamenti simili si ritrovano anche nel caso del Lago Maggiore (Morabito et al., 2002) e, più in generale, sembrano riflettere adeguatamente lo sviluppo stagionale del fitoplancton, in relazione alle proprietà funzionali degli organismi algali ed alla loro risposta ai gradienti dei parametri ambientali (Reynolds, 1984; Seip and Reynolds, 1995).

I campioni sono stati prelevati nel punto di massima profondità, scelto come rappresentativo delle condizioni medie dell'ambiente. Secondo il protocollo, la stazione di campionamento dovrebbe trovarsi in posizione centrale rispetto allo sviluppo della superficie lacustre, in modo da non essere influenzata da fenomeni che si svolgono lungo le fasce litorali. Nel corso dei prelievi eseguiti per il progetto INHABIT, non è sempre stato possibile campionare a centro lago, a causa di difficoltà logistiche e/o meteorologiche: in questi casi, dettagliati in seguito per gli ambienti interessati, si è reso necessario campionare da terra, ponendosi, comunque, nella condizione di poter raccogliere un campione il più possibile rappresentativo del fitoplancton pelagico.

Nei invasi la stazione di prelievo è sempre stata scelta ad una distanza di circa 500 m dalla diga, secondo protocollo (salvo nel Lago Torrei, a causa dell'eccessivo abbassamento del livello, come spiegato nel capitolo dedicato).

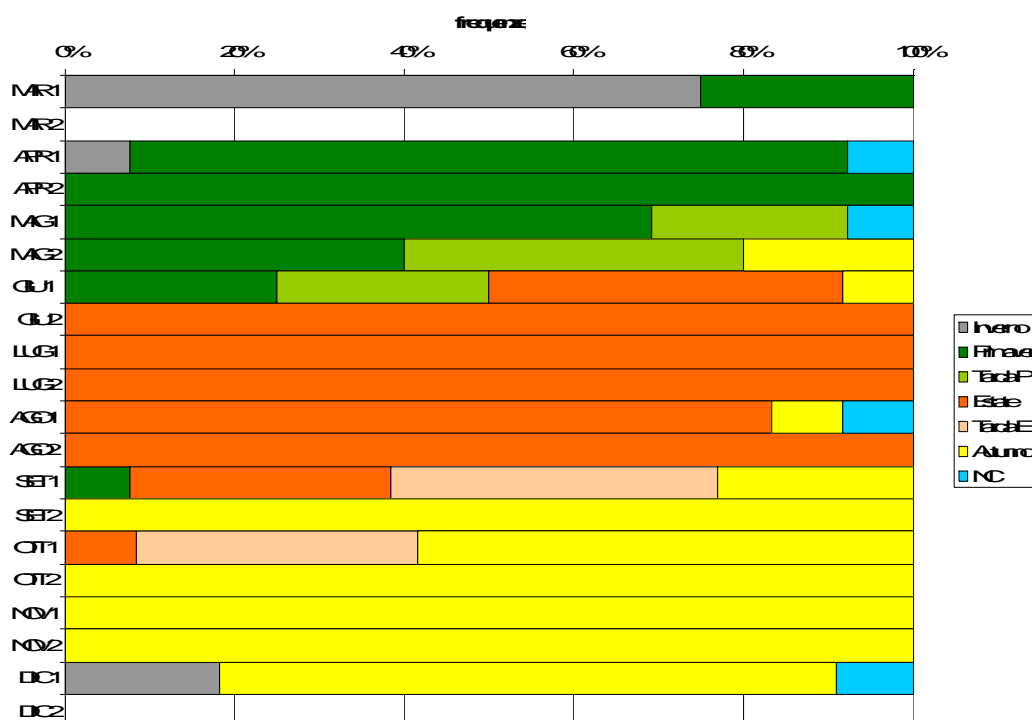


Fig. 1.2.1 - Probabilità che i campioni raccolti nei diversi mesi appartengano ad un certo gruppo stagionale, definito sulla base della composizione in specie (dati 1986-2006, Lago di Candia). I numeri in corrispondenza dei mesi indicano se il campione è stato raccolto nella prima o nella seconda metà del mese.

Contestualmente alla raccolta del campione di fitoplancton, sono stati prelevati campioni d'acqua sui quali effettuare l'analisi dei parametri idrochimici di base (alcalinità, conducibilità, azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto totale, azoto nitroso, fosforo reattivo, fosforo totale e silice reattiva). Oltre a questi parametri, è sempre stata misurata la temperatura su colonna: questo dato serve a stabilire le profondità di prelievo per i campioni da destinare all'analisi chimica, poiché questi ultimi vanno raccolti in relazione allo sviluppo della stratificazione termica, come indicato di seguito.

I campioni per l'analisi del fitoplancton sono stati preparati integrando campioni puntiformi nella zona eufotica, prelevati ogni due metri (ogni metro nei laghi sardi) con bottiglia a strappo o bottiglia di Niskins. Il contenuto della bottiglia è stato poi travasato in un bidone e rimescolato, prima di trasferire il campione nei contenitori destinati all'analisi.

Per l'analisi chimica sono stati prelevati 5 campioni puntiformi a profondità corrispondenti a 0,5 metri, 4/5 dell'epilimnio, metalimnio, ipolimnio superficiale, ipolimnio profondo, secondo quanto previsto dal protocollo nazionale per il campionamento dei parametri idrochimici lacustri (Marchetto et al., 2008).

Misura della clorofilla e distribuzione verticale con sonda fluorimetrica Fluoroprobe

In occasione di ogni singolo campionamento sono state effettuate misure di fluorescenza *in vivo* sull'intera colonna d'acqua, ottenendo profili dai quali è possibile ricavare indicazioni sulla distribuzione verticale delle popolazioni fitoplanctoniche. Tali informazioni risultano preziose per valutare la variabilità nella distribuzione e decidere la migliore strategia di campionamento, pur nel rispetto delle prescrizioni del protocollo ufficiale.

La tecnica fluorimetrica si basa sulla presenza, nei singoli gruppi algali, di quantità e tipi

diversi di pigmenti fotosintetici accessori che si trovano nel complesso antenna periferico del PS II. Questi possono essere identificati attraverso l'irradiazione costante per mezzo di una luce di lunghezza d'onda compresa tra 400 e 650 nm e la successiva lettura dello spettro di fluorescenza emesso.

Durante le ultime due decadi è progressivamente migliorata la possibilità di differenziare distinte popolazioni algali, caratterizzate da corredo pigmentario diverso e, quindi, da spettri di fluorescenza diversi (Beutler et al., 2002). Oltre alla fluorescenza emessa dalle clorofille (a, b, c), il metodo utilizza l'emissione delle ficobiline (ficocianine e ficoeritrine), permettendo di distinguere Chlorophyta, cianobatteri (con ficobiline e con ficoeritrine), Chrysophyta (diatomee, crisoficee) e Cryptophyta. La misura restituisce un dato in termini di clorofilla totale e relativa alle quattro classi differenti.

La stima della concentrazione di clorofilla, associata a ogni gruppo spettrale (algale), si ottiene dal confronto delle intensità relative tra lo spettro modello di riferimento (*norm spectrum*) e quello ottenuto dalla misura in vivo sul campo. Lo spettro modello può essere variato in funzione dell'approccio strumentale adottato.

Il gruppo ottico principale del fluorimetro è caratterizzato da sei LEDs, che emettono, rispettivamente, alle lunghezze d'onda di 610, 590, 570, 525, 450 e 370 nm. Quest'ultima lunghezza d'onda misura la presenza di "sostanze gialle", ovvero di composti organici disciolti nelle acque (DOM), rappresentate come unità relative (u.r.; Beutler et al., 2002). La loro presenza nelle acque viene considerata direttamente proporzionale al grado di trofia ed alle caratteristiche del bacino imbrifero.

Un ulteriore gruppo ottico, costituito ad un LED con emissione a 710 nm, è il canale dedicato alla misura della trasmittanza. Tale parametro viene espresso come un valore percentuale: 100% è il suo valore in acqua pura, mentre è pari allo 0% in un mezzo completamente opaco. La trasmittanza risulta di notevole importanza visto che può essere impiegata per compensare gli errori della misura di fluorescenza, originati dalla presenza di materiale disciolto e sospeso nella colonna d'acqua.

I risultati relativi alle concentrazioni dei singoli gruppi algali e della clorofilla-a totale vengono espressi come $\mu\text{g l}^{-1}$. Il limite minimo di rilevabilità è fissato attorno a 20 ng l^{-1} (corrispondenti a 20 ppb) anche se tale valore può essere raggiunto soltanto sotto condizioni eccezionalmente favorevoli. Questo valore limite dipende dal segnale di fondo dello spettrometro, dal segnale causato dalla dispersione dell'acqua e della materia disciolta, ma anche dalla morfologia della singola cellula fitoplanctonica e dal grado di difformità compositiva tra il popolamento effettivamente analizzato e la coltura impiegata per la calibrazione (Beutler, 1998).

Conteggio e determinazione degli organismi algali

In ambito comunitario non esiste un protocollo di riferimento per il conteggio microscopico degli organismi fitoplanctonici, sebbene tutti gli Stati Membri partecipanti al processo di intercalibrazione facciano riferimento alla norma CEN 15204 (2006). In sintesi, una quota del volume prelevato con la bottiglia viene trasferito in boccette da 100 ml e fissato in Lugol acetico. La determinazione degli organismi algali viene condotta su aliquote di campione di volume variabile a seconda della concentrazione degli organismi nell'ambiente (da 5 a 25 ml) e prevede l'utilizzo del microscopio a rovesciamento e di celle di sedimentazione di volume opportuno, per concentrare il campione destinato al conteggio.

Le cellule algali vengono conteggiate singolarmente, anche se appartenenti a colonie,

identificate fino al livello di specie (dove possibile) e misurate nelle tre dimensioni. Queste misure servono a calcolare il volume cellulare, associando le morfologie cellulari a forme geometriche di riferimento. Dai volumi cellulari e dalle densità si ricava la biomassa delle singole unità tassonomiche e questo parametro viene impiegato per il calcolo degli indici di qualità.

Per ognuna delle unità tassonomiche dominanti il conteggio si ferma al raggiungimento di 400 unità (cellule singole o colonie): questo garantisce, assumendo una distribuzione normale degli organismi dopo la sedimentazione, un errore di conteggio pari al 10% rispetto alla densità della popolazione reale.

1.3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO DELLE MACROFITE

Nella definizione di macrofite si possono far rientrare tutti quegli organismi vegetali con dimensioni macroscopiche - cioè riconoscibili senza l'ausilio di un microscopio ad alta definizione - il cui ciclo vitale avviene interamente, o quasi, in acqua. Questa è una categoria eterogenea che non ha valore tassonomico, in cui sono comprese specie appartenenti ad alghe, briofite, pteridofite e fanerogame. Per quanto riguarda l'ecosistema lacustre, le macrofite sono rinvenibili all'interno della colonna d'acqua nei contesti litoranei, dove si presentano condizioni adeguate alla loro crescita. Le macrofite sono classificabili in base alla forma biologica (Raunkiaer, 1934), ossia alla categoria morfo-funzionale che aggruppa i vegetali in funzione delle risposte morfo-funzionali all'ambiente circostante, in particolare alle condizioni climatiche e micro-edafiche. La forma biologica riconosce, quindi, la capacità delle specie di colonizzare i differenti meso-habitat presenti negli ambiti litoranei o poco profondi dei laghi e permette di ricostruire i transetti distributivi dei singoli taxa lungo la sezione trasversale della cuvetta lacustre. Le macrofite sono suddivisibili in tre tipologie morfologiche prevalenti: rizofite, pleustofite ed elofite, cui sono accoppiate differenti forme di crescita (Den Hartog & Segal, 1964; Den Hartog, 1981; Müller, 1992). Mentre le elofite costituiscono la vegetazione della zona riparia e di quella palustre, le altre due categorie rappresentano la compagine idrofittica della flora di un bacino lacustre (Fig. 1.3.5). Tutti i taxa indagati nei siti campionati sono riconducibili alle sole due prime tipologie morfologiche (rizofite e pleustofite), che a loro volta possono essere declinate in 4 differenti forme di colonizzazione (Sculthorpe, 1967):

- a. macrofite flottanti non radicate (Lemnidi, Stratiotidi, Idrocaridi e Ricellidi), rappresentate da forme completamente galleggianti sull'acqua le cui radici, se presenti, non hanno alcuna funzione di ancoraggio ma unicamente assimilatrice, immerse completamente nella colonna d'acqua (ad esempio, *Lemna* sp.pl., *Wolffia arrhiza*, *Riccia fluitans*, *Stratiotes aloides*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Salvinia* sp.pl., ecc) (Fig. 1.3.1);



Figura 1.3.1 - Macrofite flottanti non radicate. *Hydrocharis morsus-ranae* (a sinistra) e *Salvinia natans* (a destra).

- b. macrofite infracquatiche non radicate (Ceratofillidi), rappresentate da forme che occupano ambienti del tutto simili alle flottanti, ma le cui strutture trofiche non sono mai emergenti, sono completamente sommerse - includono forme prive di ap-

parato radicale (ad esempio, *Ceratophyllum* sp.pl., *Utricularia* sp.pl., ecc.) (Fig. 1.3.2);



Figura 1.3.2 - Macrofite infracquatiche non radicate. *Utricularia vulgaris* (entrambe).

- c. macrofite sommerse radicate natanti (Vallisneridi, Elodeidi e Miriofillidi), rappresentate da specie completamente sommerse all'interno della massa d'acqua (non emergenti), ancorate al substrato tramite radici oppure rizoidi; i vallisneridi aggruppano le specie a foglie indivise non caulescenti (ad esempio, *Vallisneria spiralis*, *Butomus umbellatus* var. *vallisneriifolia*), gli elodeidi le specie caulescenti (ad esempio, *Elodea* sp.pl., *Callitriche* sp.pl., *Najas* sp.pl., e alcune specie del genere *Potamogeton*) e, infine, i miriofillidi le specie sommerse a foglie profondamente divise (ad esempio, *Myriophyllum* sp.pl., *Ranunculus trichophyllum* subsp. *trichophyllum*) (Fig. 1.3.3);



Figura 1.3.3 - Macrofite sommerse radicate natanti. *Potamogeton lucens* (in alto a sinistra), *Vallisneria spiralis* (in alto a destra), *Myriophyllum spicatum* (in basso a sinistra) e *Elodea* sp. (in basso a destra), entrambe con prateria sommersa.

- d. macrofite flottanti radicate a foglie galleggianti (Ninfefidi e Batrachidi), rappresentate da specie ancorate al substrato che presentano foglie e organi riproduttivi galleggianti o emergenti al di sopra della superficie dell'acqua; colonizzano zone a profondità assai variabile (dagli ambiti litoranei fino a 3-4 m di profondità) e possono presentare eterofillia (ossia possedere foglie sommerse morfologicamente diverse da quelle emergenti) come adattamento morfologico (ad esempio, *Nuphar lutea*, *Nymphaea* sp.pl., alcune specie del genere *Potamogeton*) (Fig. 1.3.4).

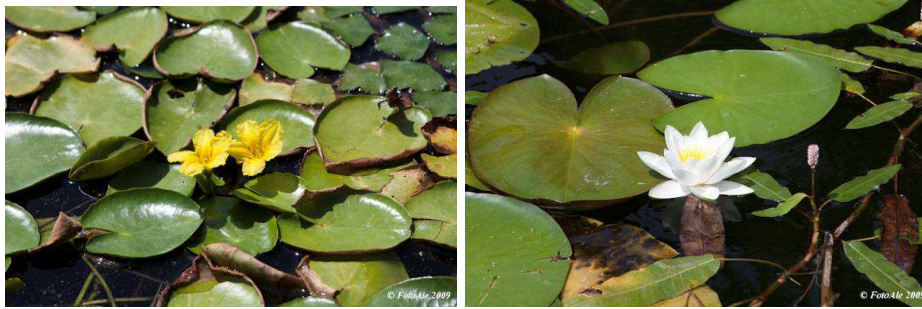


Figura 1.3.4 - Macrofite radicate a foglie galleggianti. *Hydrocharis morsus-ranae* (a sinistra) e *Nymphaea alba* con *Polygonum amphibium* (a sinistra)

Alcune delle specie individuate possono essere considerate delle anfite (macrofite radicate anfibe), ai fini della classificazione utilizzata sono da ricondurre al gruppo funzionale corrispondente alla forma acquatica.

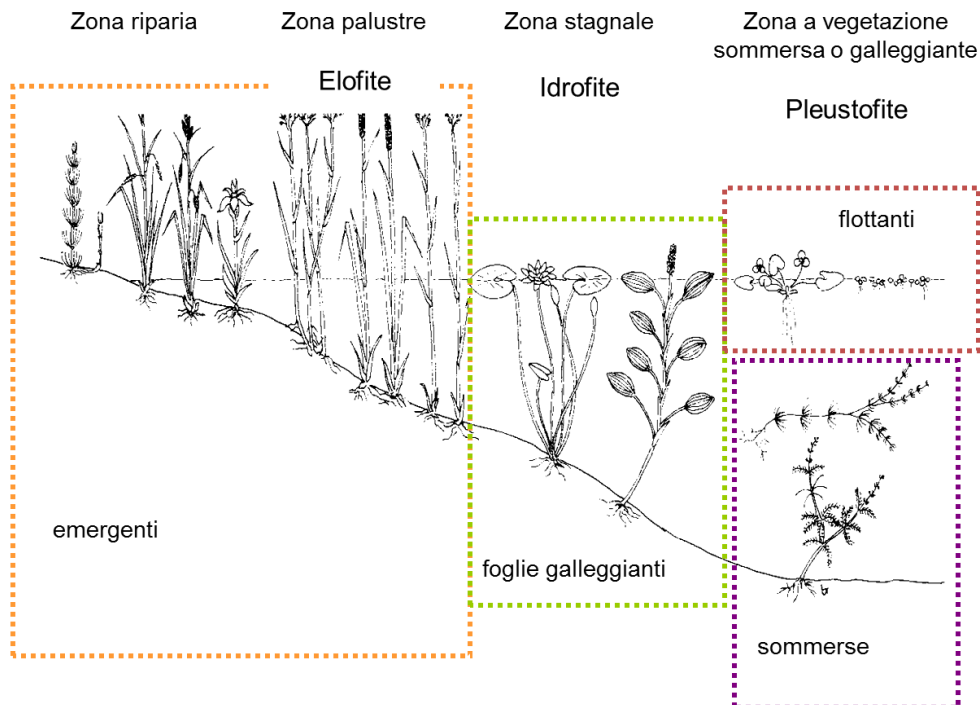


Figura 1.3.5 - Classificazione funzionale e zonale delle principali forme macrofitiche (modificato da Cronk and Fennessy, 2001).

In Italia lo studio sistematico delle macrofite lacustri ha una tradizione recente, che può

essere fatta risalire ai primi anni '60 del secolo scorso. Questa importante componente biologica è sempre stata considerata di scarso interesse rispetto alla flora terrestre. A partire però dalla metà degli anni 2000, anche alla luce della determinazione della qualità delle acque lacustri attraverso questa componente, si sono intraprese alcune iniziative per la messa in opera di alcuni passaggi fondamentali rivolti specificatamente: 1) alla redazione di un protocollo comune per guidare la raccolta delle informazioni (vedere metodologie di campionamento); 2) al recupero e sistematizzazione delle serie storiche di dati disponibili (scarsi) su cui sostanziare la costruzione del dataset di riferimento, e 3) all'attivazione di specifiche campagne di monitoraggio per colmare le ampie lacune conoscitive in alcuni dei principali laghi italiani.

In seno a questo progetto, questi stessi punti sono stati fondamentali per ottenere dati confrontabili, per comparare i dati raccolti durante la campagna di campionamento con dati storici ed infine per incrementare lo stato di conoscenza su alcuni bacini di cui le conoscenze botaniche si limitavano al battente d'acqua.

Gli habitat litorali e le comunità macrofitiche

Se per l'argomento trattato in questo capitolo intendiamo come zona litorale la fascia occupata da tutte le forme macrofitiche (Fig. 1.3.5), questa zona è stata definita varie volte e in letteratura molti autorevoli autori (Hutchinson, 1967; Pieczynska, 1972; Wetzel, 1983) hanno fornito diverse indicazioni su come riconoscerla e su di una sua possibile zonazione. La definizione che facciamo nostra è quella di Sheldon & Charles (1977) che parlano della parte di sponda che si trova tra la linea dell'acqua - area di influenza dell'azione delle onde e delle fluttuazioni di livello - e le macrofite radicate sommerse; nel caso queste siano assenti si può considerare la profondità a cui, in estate, perviene mediamente il 10% della luce incidente la superficie.

Questa è una zona molto dinamica e dalle caratteristiche molto variabili, in termini di estensione, composizione dei popolamenti biologici, caratteristiche chimiche, fisiche e idrologiche. La sua estensione può variare molto in rapporto alla inclinazione e alla fluttuazione del livello dell'acqua (Fig. 1.3.6), ma anche in relazione alla grandezza del lago stesso. In quest'ultimo caso per i laghi grandi solitamente questa zona è piccola rispetto alla superficie del lago stesso, mentre per i piccoli laghi poco profondi questa zona copre una parte considerevole del corpo d'acqua e riveste un importante ruolo nella funzionalità dell'ecosistema lacustre.

La zona litorale è quindi, nel suo insieme, l'habitat in cui le macrofite possono stabilirsi, accrescersi e riprodursi. La dimensione di questa zona, per uno stesso lago, può però cambiare di anno in anno e durante il ciclo interannuale in modo dipendente dal livello delle acque, che determina a sua volta inaridimento o sommersione della zona litorale (Fig. 1.3.6). All'interno di uno stesso lago però le differenze nella estensione della zona litoranea possono essere notevoli, dipendentemente dalla configurazione della costa, infatti zone con costa molto scoscesa avranno una zona litorale molto stretta, mentre al contrario estesi habitat litorali si hanno dove la costa degrada lentamente (Fig. 1.3.6).

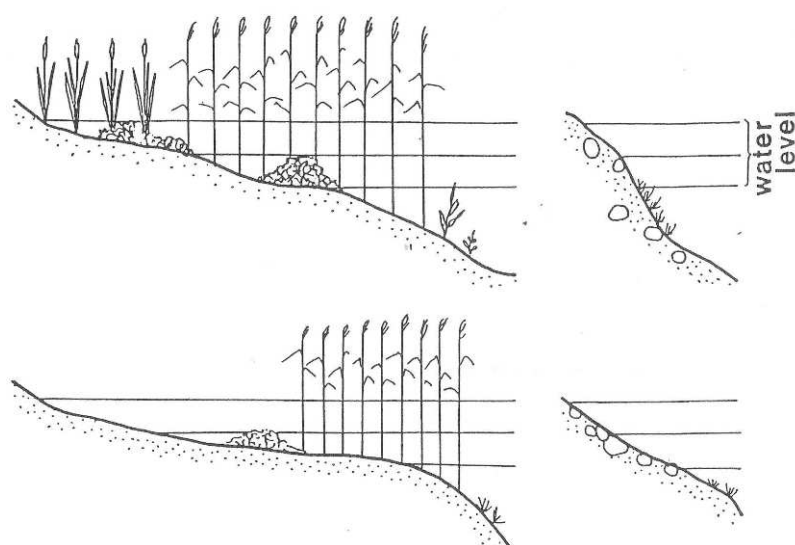


Figura 1.3.6 - Influenza della fluttuazione del livello lacustre e della pendenza della costa sulla configurazione della zona litorale dei laghi (da Jørgensen & Löffler, 1990).

I parametri che determinano la presenza di comunità macrofittiche stabili non si limitano però alle sole caratteristiche morfometriche e morfologiche lacustri. La crescita delle piante in ambiente acquatico è determinata soprattutto dalla intensità della luce e dalla concentrazione dei nutrienti, parametri fondamentali per espletare le funzioni fisiologiche basali.

La quantità di nutrienti, e quindi lo stato trofico, sono importanti per il sostentamento complessivo dell'ecosistema lacustre. Il fitoplancton, visto il suo ruolo di produttore primario, insieme alla componente batterica sono i primi ad usufruire di questi nutrienti per il loro sviluppo e il loro sostentamento. Come conseguenza si ha quindi che all'aumentare della concentrazione dei nutrienti, l'elemento planctonico aumenta in modo proporzionale andando di fatto a modificare la possibilità di penetrazione della luce lungo la colonna d'acqua. Questa semplificazione non tiene però conto di tutto quel materiale sospeso organico e inorganico, comunque non vivente che riduce la trasparenza dell'acqua, che può essere determinato da tutti quegli input alloctoni derivanti dal bacino e prodotti: dall'erosione del bacino drenante, dalle precipitazioni atmosferiche, decadimento della vegetazione, flussi da falda o da scorrimento superficiale e per alcuni siti di scarichi industriali o civili. Comunque, qualsiasi siano gli elementi che la determinino, la trasparenza dell'acqua è il principale fattore che stabilisce la massima profondità a cui le macrofite possono estendere e accrescersi.

Metodologia di campionamento

A seguito dell'emanazione della Direttiva Quadro sulle acque (Water Framework Directive, WFD; Directive 2000/60/CE) numerose esperienze sono state condotte in ambito comunitario al fine di elaborare principi e metodologie su cui sostanziare le procedure di campionamento e di valutazione della qualità imposte dalla WFD medesima. In particolare, a scala nazionale sono state ideate metodologie di campionamento tali da standardizzare i dati acquisiti e le informazioni raccolte in ambito lacustre (Manuale APAT, 2007) e sono stati elaborati metodi innovativi per la quantificazione dello stato ecologico

delle acque lacustri, includendo le macrofite acquatiche tra le biocenosi di riferimento come richiesto dalla normativa comunitaria (Lakes Intercalibration Export, 2006).

Queste attività sono state condotte coerentemente ai dettami elaborati in seno alle commissioni di lavoro (Working Groups, WG) create per l'implementazione della WFD all'interno di ciascuno degli Stati Membri (§ 1.1.1, WFD), coordinate dal Common Implementation Strategy (CIS). Quanto alle criticità connesse alla comparazione dei principi e dei metodi di valutazione dello stato ecologico, è stato ritenuto necessario creando un apposito gruppo di lavoro (Intercalibration, IC; CIS 2004), nell'ambito del Working Group ECOSTAT (CIS 2003a), specificatamente dedicato all'armonizzazione e all'intercalibrazione dei metodi. In particolare, il lavoro dell'IC ha affrontato i seguenti argomenti: le condizioni di riferimento, le classi di qualità, i limiti tra classi e le metodologie da impiegare per la valutazione dello stato ecologico.

Il processo d'intercalibrazione è stato condotto su base geografica, previa suddivisione del territorio comunitario in 5 grandi ambiti denominati Geographical Intercalibration Groups (GIGs), all'interno dei quali le metodologie di campionamenti, i principi e i metodi valutativi devono essere necessariamente intercalibrati. L'Italia è inclusa in due di questi ambiti: l'Alpine GIG e il Mediterranean GIG, e ha partecipato attivamente ai processi d'intercalibrazione. Ciò ha imposto lo sviluppo di specifiche metodologie valutative, basate sull'utilizzo delle macrofite, e l'attivazione di protocolli per la raccolta e sistematizzazione delle informazioni ad oggi disponibili relative ai gruppi tassonomici di riferimento a scala di distretto idrografico ed ecoregione. Questa ultima attività è di centrale importanza nelle procedure di verifica e controllo delle metodologie tra Stati Membri inclusi nel medesimo GIG.

I metodi così ideati e condivisi, sia a scala nazionale sia europea, devono prevedere di raccogliere quelli che sono i parametri indicati in seno alla Direttiva 2000/60/CE. Questa identifica tra le biocenosi utili per la definizione della qualità ambientale di un ecosistema lacustre anche le macrofite acquatiche e per queste identifica la composizione in specie e la loro abbondanza come parametri fondamentali. Infatti essendo particolarmente sensibili all'inquinamento inorganico e all'eutrofizzazione, relativamente facili da individuare e classificare, immobili e con un ciclo vitale annuale o pluriennale che permette di valutare l'effetto dei fattori di stress nel tempo, risultano particolarmente adatte per essere utilizzate come indicatori di dello stato ecologico delle acque. La sensibilità nel corso del tempo a particolari fattori si misura nella modifica della composizione in specie della comunità e nei cambiamenti di abbondanza delle singole specie e del popolamento nel suo complesso.

E' stato quindi ideato un protocollo di monitoraggio: che sia idoneo per condurre le future azioni di monitoraggio degli ambienti lacustri in modo efficace, che sia appropriata per la determinazione di tutti quei parametri che si presume debbano concorrere alla formulazione di un indice macrofitico, che sia aderente alle richieste della normativa comunitaria ed infine che lo sforzo di campionamento non sia tale da scoraggiare gli operatori che dovranno svolgere il monitoraggio.

Tenendo conto di tutte queste indicazioni è stato stilato il protocollo di campionamento che verrà descritto qui di seguito (Manuale APAT, 2007).

In questo protocollo di campionamento si è deciso di limitare l'attenzione alle specie galleggianti e sommerse escludendo le elofite, allineandoci con i criteri che sono ad oggi utilizzati in ambito europeo per la definizione di un protocollo di campionamento.

Riferimenti Normativi

- prEN 15460 – Water quality. Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in lakes
- EN 14184 – Water quality. Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in running waters
- EN 14996 – Water quality. Guidance on assuring the quality of biological and ecological assessments in the aquatic environment (in press)

Termini e Definizioni

Sito: porzione continua di riva, di ampiezza variabile, al cui interno è possibile individuare una comunità macrofita omogenea in termini di composizione specifica e che si estende fino ad una profondità costante;

Transetto: linea all'interno del sito, perpendicolare alla costa, lungo la quale si effettuano le osservazioni o i campionamenti;

Intervallo di profondità porzione di transetto compreso tra la profondità x e la profondità $x + 1$ metro entro la quale si effettua l'osservazione o il campionamento. Il primo intervallo di profondità è quello compreso tra 0 m (riva) e la profondità di 1 metro. Al suo interno si collocano 4 punti di osservazione o di campionamento secondo le modalità indicate più avanti;

Strumentazione ed Attrezzatura

- Dispositivi di protezione individuale
- Carta topografica del lago in scala 1:5000 o 1:10000. La scala dovrà essere scelta per raffigurare al meglio l'intero bacino imbrifero ed il relativo uso del suolo.
- Palmare o computer portatile, interfacciati con strumento GPS avente un errore inferiore a 3 m, per il rilevamento delle coordinate geografiche richieste.
- Telemetro ottico per il rilevamento delle distanze rispetto alla riva (nel caso non si disponga di GPS).
- Corda metrata o ecoscandaglio per la misura della profondità del fondale (nel caso che si utilizzi l'ecoscandaglio occorre verificare che la profondità rilevata corrisponda al fondale e non al tetto della vegetazione sommersa).
- Batiscopio.
- Telecamera subacquea munita di video a cristalli liquidi.
- Disco di Secchi per la misura della trasparenza dell'acqua.
- Rastrello con denti opposti e spazio interdente regolabile per la raccolta della vegetazione.
- Schede di campagna.
- Ecosonda in grado di rappresentare, su schermo o su carta, la presenza della vegetazione sommersa; questo strumento facilita la ricerca della vegetazione sommersa nei laghi di grande estensione.
- Draga per la determinazione della granulometria del fondo.
- Buste di plastica, per la conservazione degli esemplari di piante non immediatamente determinabili.
- Lente di ingrandimento.

- Matita e penna con inchiostro indelebile.
- Borsa frigorifera per la conservazione dei campioni.
- Macchina fotografica.
- Manuali di riconoscimento e chiavi dicotomiche per la determinazione delle specie



Figura 1.3.7 - Alcuni strumenti per il campionamento macrofitico. Batiscopio (a), kit telecamera subacquea e ecoscandaglio collegati ad un sistema GPS e al computer (b), Rastrello (c) e draga di Ponar modificata (d).

Procedura di Campionamento

Il procedimento d'indagine per ciascun corpo d'acqua si compone di 4 fasi:

- I. Raccolta preliminare di informazioni circa la presenza di macrofite attraverso la consultazione dei frequentatori e dei fruitori del lago e la ricerca bibliografica.
- II. Individuazione dei siti in base alle informazioni raccolte nel corso della fase 1 e all'esito di perlustrazioni propedeutiche al campionamento.
- III. Descrizione delle caratteristiche ambientali dei siti e del territorio a ridosso dei siti medesimi.
- IV. Esecuzione delle osservazioni o dei campionamenti lungo i transetti.

Le fasi II, III e IV vanno svolte tra maggio e settembre, ma comunque cercando di effettuare le osservazioni o i campionamenti nel periodo di massima espansione della flora macrofitica.

FASE I

L'indagine anche informale condotta presso i frequentatori o i fruitori del lago (gestori di strutture turistiche, di cantieri o di centri nautici, operatori del servizio civile, pescatori,

residenti, ecc.) e la ricerca bibliografica permettono di ottenere le informazioni di base utili per indirizzare e velocizzare le successive fasi dell'indagine.

FASE II

L'attendibilità, l'attualità e la completezza delle informazioni raccolte durante la prima fase devono essere verificate ed integrate da ispezioni in campo al fine di poter individuare i siti. Questa fase, così come quelle successive, viene svolta a bordo di un'imbarcazione leggera a remi che possa penetrare anche all'interno della vegetazione galleggiante ed utilizzando la strumentazione precedentemente indicata. I margini del sito devono essere rilevati mediante GPS e riportati su una cartografia in scala 1:5000 o 1:10000 utilizzando un sistema informativo geografico con riferimenti UTM32-WGS84.

FASE III

Una volta individuato il sito se ne descrivono le caratteristiche principali, relativamente al territorio adiacente, segnalando: l'eventuale presenza di darsene, moli, porti, scarichi di qualsiasi tipo, immissari, nonché l'uso del suolo agricolo, ecc. Tutte queste informazioni dovranno essere riportate nelle sezioni appositamente predisposte sulle schede di campionamento. Dovranno essere segnalati anche quei fattori che possono incidere sulla presenza della vegetazione acquatica quali la presenza di animali erbivori (uccelli selvatici, pesci, ecc.) oppure l'asportazione periodica delle piante mediante sfalci.

FASE IV

Disposizione dei transetti

I siti che pur avendo caratteristiche simili tra loro sono distribuiti su tratti di litorale separati sono considerati siti diversi e, in quanto tali, vanno tutti campionati.

In ciascun sito deve essere individuato uno e un solo transetto, nella zona che l'operatore ritiene più rappresentativa del sito, che dovrà essere percorso e campionato come descritto in seguito.

Il transetto in ciascun sito è disposto ortogonalmente alla riva.

I limiti estremi dei transetti, così come i margini del sito cui appartiene, devono essere rilevati mediante GPS e riportati su una cartografia in scala 1:5000 o 1:10000 utilizzando un sistema informativo geografico con riferimenti UTM32-WGS84.

Questa modifica al precedente protocollo di campionamento è stata effettuata a seguito di un lavoro di analisi dei dati rilevati in diversi laghi. Lavoro che ha indicato che al diminuire dei transetti all'interno di un sito omogeneo, l'abbondanza delle specie all'interno del sito non riportava variazioni significative.

Ispezione del transetto

L'ispezione viene effettuata, lungo il transetto, con la barca posizionata all'interno dell'intervallo di profondità. I punti di osservazione o di campionamento sono 4 in totale: uno verso prua ed uno verso poppa da ciascun lato della barca (Fig. 1.3.8). Per ciascuna dei punti di osservazione o di campionamento deve essere indicata la percentuale di abbondanza di ciascuna specie raccolta. Nel punto in cui si pone la barca, che è uno solo per ogni intervallo, si misura la profondità, si rilevano le coordinate geografiche (UTM32-WGS84) e si determina la tipologia del fondale, ricorrendo, se necessario, all'impiego di draghe comunemente usate in limnologia. L'ispezione del transetto si esegue partendo dalla riva e procedendo verso il lago e termina quando si rileva l'assenza di vegetazione su tutti i 4 punti in due intervalli di profondità consecutivi oppure quando è stata raggiunta la massima profondità del lago. L'ispezione deve consentire di rilevare le specie presenti e di individuare la specie più abbondante. In acque poco profonde e sufficientemente

trasparenti può bastare la semplice osservazione senza o con batiscopio. Si fa ricorso all'osservazione con la telecamera o al campionamento con il rastrello quando a causa della profondità o della scarsa trasparenza non si può accertare la presenza della vegetazione, oppure non si distinguono le specie che compongono la comunità usando il batiscopio. Assieme all'indagine occorre misurare la trasparenza dell'acqua con il disco di Secchi, una sola volta nel corso della giornata, nella zona pelagica. All'ispezione lungo il transetto si chiede agli operatori di affettuare anche il rilievo della presenza/assenza di specie elofitiche lungo il tratto di riva occupato da ciascun sito, riportando anche le specie presenti.

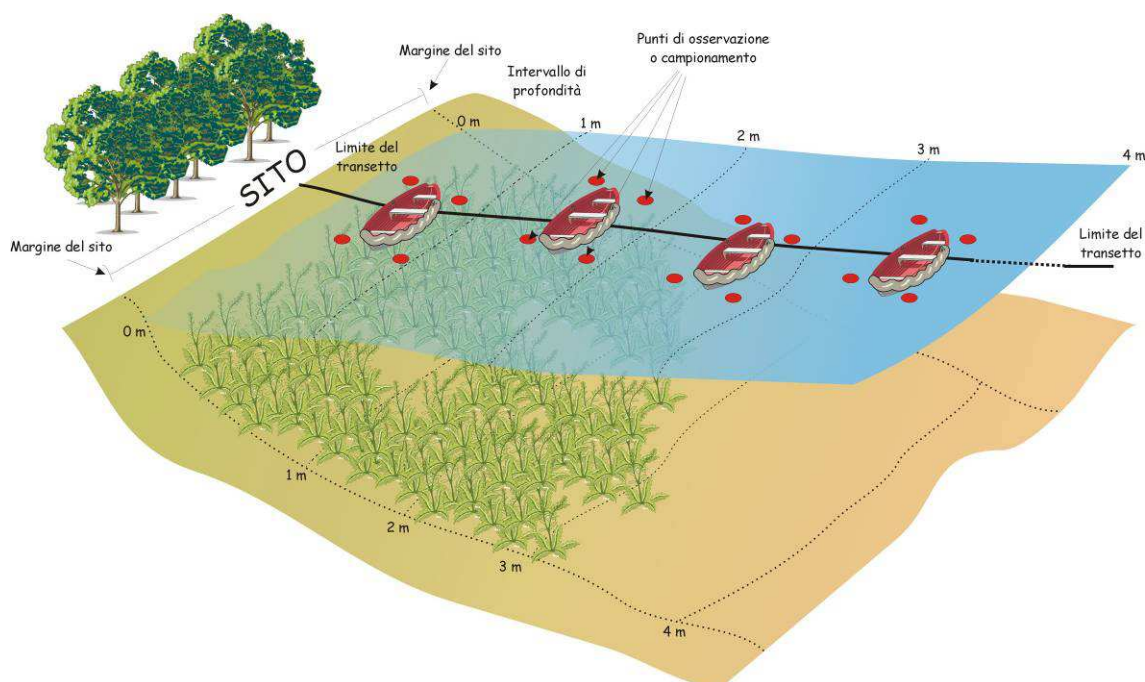


Figura 1.3.8 - Schematizzazione della metodologia di campionamento.

Il protocollo di campionamento è stato utilizzato così come è stato descritto anche in questo ambito. Infatti, tenendo conto di quanto detto nella parte introduttiva riferendosi agli habitat macrofitici, questo protocollo ben si presta ad essere utilizzato per identificare habitat specifici. Infatti considerando la III Fase è possibile identificare nei siti, così come denominati nel protocollo, gli habitat di colonizzazione preferenziale del popolamento macrofitico.

1.4 METODICHE DI CAMPIONAMENTO DELLA FAUNA ITTICA

Il periodo di campionamento scelto è in funzione della necessità di rappresentare nel modo più completo possibile la comunità ittica. Durante la stagione calda (estivo-autunnale) infatti i pesci sono maggiormente dispersi nell'ambiente ed è dunque possibile, utilizzando un metodo di campionamento multistrato, avere una migliore rappresentatività delle popolazioni ittiche (composizione, abbondanze relative, struttura di taglie ed età) del periodo invernale-primaverile. Inoltre nel periodo estivo-autunnale tutte le specie hanno già effettuato la riproduzione e pertanto a) i campionamenti non vanno a disturbare i processi riproduttivi e b) è possibile catturare i giovani dell'anno potendo dunque verificare il successo riproduttivo delle specie. La scelta dei metodi di campionamento è un aspetto fondamentale per poter acquisire dati utili alla caratterizzazione di una comunità ittica. Di per sé non esiste un metodo esaustivo che permetta di ottenere tutte le informazioni necessarie. E' invece possibile utilizzare metodi complementari che permettono di acquisire informazioni su scale spaziali diverse, nonché di avere un quadro migliore della composizione, abbondanze e struttura di età e taglia della fauna ittica. I metodi di campionamenti scelti sono le reti multimaglia ad imbrocco e l'elettropesca. Il primo metodo permette la cattura di quasi tutte le specie ittiche, ad eccezione di quelle prettamente litorali/bentoniche (come ad esempio l'anguilla *Anguilla anguilla*, lo scazzone *Cottus gobio*, il ghiozzo padano *Padogobius martensi* e il cobite *Cobitis taenia*) distribuite in prevalenza in acque poco profonde. Al contrario l'elettropesca permette di catturare proprio quelle specie difficilmente catturabili con le reti. Per il primo metodo è stato seguito, sia per tipologia di attrezzo che per metodologia di campionamento, il protocollo CEN EN 14757 "Sampling of fish with multi.mesh gillnets" declinato in Italia nel "Protocollo di campionamento della fauna ittica nei laghi italiani" (APAT 2007, Report CNR-ISE 03-11). Si tratta di un protocollo condiviso a livello Europeo e ampiamente testato che permette di acquisire informazioni confrontabili su un ampio range spaziale e di tipologia ambientale. Per quanto riguarda l'elettropesca ci si è affidati alle linee guida contenute nel documento CEN EN14011 "Sampling of fish with electricity" e incluse sempre nel "protocollo di campionamento della fauna ittisa nei laghi italiani" (APAT 2007 e Report CNR ISE 03-11)

Le reti utilizzate (Pokorny-Site, Repubblica Ceca) sono di due tipologie: bentiche (posate sul fondo) e pelagiche (sospese a differenti profondità nella zona centrale del lago). Le reti bentiche (Fig. 1.4.1), sono costituite da 12 pannelli di maglie differenti (da 5,5 a 55 mm), lunghe 30 metri ed alte 1,5 metri. Le reti pelagiche sono lunghe 27,5 metri e alte 6m ed hanno 9 pannelli con maglia variabile da 8 a 55mm.

Il posizionamento delle reti è effettuato in modo casuale ma rispettando lo schema previsto dal protocollo (Tab 1.4.1). In questo modo è stato possibile campionare secondo un approccio multistrato, diverse zone del lago e diverse profondità.

Seguendo lo schema previsto dal metodo ISO-CEN le reti sono state posate alle 19.00 e salpate alle ore 7.30 del giorno successivo. Ognuna di esse è stata fissata al fondo con un peso di circa 1 kg e segnalata sulla superficie del lago con un galleggiante opportunamente collegato alla stessa da una cima di ritenuta. Di ogni punto di posa sono state rilevate le coordinate GPS.



Fig. 1.4.1 - Reti multimaglia bentiche numerate per il riconoscimento

Tab. 1.4.1 - Numero di sforzi di pesca (reti) in relazione alla superficie e profondità del lago.

Area del lago	Strato della colonna d'acqua	Profondità massima (m)						
		<6	da 6 a 11,9	da 12 a 19,9	da 20 a 34,9	da 35 a 49,9	da 50 a 75	>75
<0,2 km ²	<3m	4	3	4	4	3		
	da 3 a 5,9	4	3	4	3	3		
	da 6 a 11,9		2	4	3	3		
	da 12 a 19,9			4	3	3		
	da 20 a 34,9				3	2		
	da 35 a 49,9					2		
	TOTALE		8	8	16	16	16	
da 0,20 a 0,50 km ²	<3m	4	5	5	5	5		
	da 3 a 5,9	4	6	5	5	5		
	da 6 a 11,9		5	3	5	6		
	da 12 a 19,9			3	5	6		
	da 20 a 34,9				4	6		
	da 35 a 49,9					4		
	TOTALE		8	16	16	24	32	
da 0,51 a 1 km ²	<3m	8	8	7	7	7	7	
	da 3 a 5,9	8	8	7	7	7	7	
	da 6 a 11,9		8	5	9	7	10	
	da 12 a 19,9			5	6	4	4	
	da 20 a 34,9				3	4	4	
	da 35 a 49,9					3	4	
	da 50 a 75						4	
TOTALE		16	24	24	32	32	40	
da 1,01 a 2,5 km ²	<3m	8	8	8	7	7	7	
	da 3 a 5,9	8	8	8	7	7	7	
	da 6 a 11,9		8	8	10	10	6	
	da 12 a 19,9			8	8	6	6	
	da 20 a 34,9				8	6	6	
	da 35 a 49,9					4	4	
	da 50 a 75						4	
TOTALE		16	24	32	40	40	40	
da 2,51 a 10 km ²	<3m	12	11	10	10	10	10	10
	da 3 a 5,9	12	11	10	10	10	10	10
	da 6 a 11,9		10	10	10	10	10	10
	da 12 a 19,9			10	10	8	8	10
	da 20 a 34,9				8	6	8	5
	da 35 a 49,9					4	6	5
	da 50 a 75						4	4
	> 75							4
TOTALE		24	32	40	48	48	56	56
da 10,01 a 50 km ²	<3m	12	11	10	10	10	10	10
	da 3 a 5,9	12	11	10	10	10	10	10
	da 6 a 11,9		10	10	12	12	10	10
	da 12 a 19,9			10	12	9	10	10
	da 20 a 34,9				12	9	10	10
	da 35 a 49,9					6	10	6
	da 50 a 75						4	4
	> 75							4
TOTALE		24	32	40	56	56	64	64



Fig. 1.4.2 - Dettaglio di una rete multimaglia "bentica" durante la rimozione del pescato.

L'elettropesca è stata condotta dalla barca utilizzando un'imbarcazione munita di motore. (Fig. 1.4.3). Si è scelto di operare come segue. A bordo dell'imbarcazione erano presenti tre persone: la prima addetta alla manovra del mezzo, all'accensione e spegnimento dell'elettrostorditore, alla compilazione dei protocolli di campagna e ai rilievi GPS, una seconda addetta all'uso dell'anodo e una terza dedicata all'uso del guadino per la raccolta dei pesci e alla rilevazione dei parametri morfometrici (Fig. 1.4.2) Tutti gli operatori erano muniti di opportune dotazioni di sicurezza (guanti, stivali, giubbino salvagente) e occhiali con lenti polarizzate. Il metodo adottato per l'elettropesca è stato quello del "*Point Abundance Sampling Electrofishing*" (PASE) che prevede un campionamento per punti prevalentemente lungo il litorale o comunque dove l'acqua raggiunge al massimo 1,5 metri di profondità. I campionamenti sono stati eseguiti nelle ore diurne. Per ogni punto di campionamento sono state rilevate le coordinate GPS.

L'elettrostorditore utilizzato in modalità "corrente continua" (Scubla EL64GII, 7000 W, 600 V) portava come catodo una treccia di rame (larghezza 2,5 cm e lunghezza 3 metri) e come anodo un anello di acciaio senza rete di spessore 0,8 cm e diametro pari a 50 cm, montato in cima ad un apposito bastone di materiale non conduttore. La scelta di non utilizzare un anodo munito di rete è stata dettata dalla necessità di mantenere l'anodo costantemente immerso in acqua (15 secondi secondo la metodologia PASE) senza poter essere utilizzato contemporaneamente per la cattura dei pesci. È stato necessario quindi utilizzare un guadino accessorio. Tale accorgimento permette inoltre di evitare che l'anodo entri in contatto con il pesce causandogli inevitabilmente un danno o una lesione. I pesci catturati erano stoccati temporaneamente in una vasca di plastica riempita di acqua (80*80*80 cm), misurati, pesati e reimmessi a lago prima di passare al punto successivo.



Fig. 1.4.3 - Cattura di un esemplare di luccio (*Esox lucius*) durante l'elettropesca.
Rilevo dei parametri morfometrici

Di ogni esemplare catturato sono stati rilevati i seguenti parametri morfometrici: lunghezza totale L_{tot} (dall'apice del muso al termien della pinna caudale a lobi riuniti) e peso totale P_{tot} . Per un numero significativo di individui catturati nelle reti è stato rilevato il sesso mediante ispezione della cavità addominale. Infine sono state prelevate una decina di scaglie da ogni individuo per la determinazione dell'età (Fig. 1.4.4). Di tutti gli altri esemplari è stata misurata solo la L_{tot} .
Tutti i dati sono stati registrati in un foglio elettronico per le successive analisi.



Fig. 1.4.4 - Prelievo delle scaglie da esemplare di pesce persico (*Perca fluviatilis*)

CAPITOLO 2 – SITI SCELTI

All'interno del *deliverable Pd2 (Tipizzazione e condizioni di riferimento in alcuni bacini fluviali italiani: approcci, metodi e selezione delle aree di studio)* si sono riportati i siti scelti in una prima fase preparatoria con i criteri utilizzati per tale scelta, riportati brevemente qui di seguito:

- 1) *Ricerca di almeno un sito di riferimento*
- 2) *Scelta di almeno due laghi facenti parti dello stesso bacino imbrifero dei siti fluviali oggetto del progetto Scelta di laghi afferenti a diverse tipologie e a utilizzi fortemente impattanti (es. idroelettrico, idropotabile, agricolo)*
- 3) *Presenza di dati pregressi.*
- 4) *Laghi di particolare interesse regionale*

Nelle successive fasi del progetto e durante le prime campagne esplorative e di campionamento si è verificata l'effettiva possibilità di procedere nello studio di detti ambienti. Si era deciso di identificare 6 laghi in Piemonte e 6 laghi in Sardegna, 5 naturali e 7 fortemente modificati. Si erano inizialmente individuati, in Piemonte, i laghi Mergozzo, Candia, Viverone e Sirio (Fig. 2.1) per quanto riguarda i laghi naturali, Serrù e Morasco per quanto riguarda gli invasi. In Sardegna si era identificato come oggetto di studio l'unico lago naturale presente, il Lago Baratz e tra gli invasi si doveva scegliere tra i laghi Bidighinzu, Liscia, Posada, Sos Canales, Torrei e Cedrino (Fig. 2.2)

Durante la raccolta di informazioni e i sopralluoghi effettuati siamo venuti a conoscenza della presenza di ordigni inesplosi sul fondo del Lago Baratz, abbandonati lì alla fine della seconda guerra mondiale. Dal documento della Sub Service S.r.l. abbiamo saputo che durante una campagna di indagine magnetometrica su tutto il Lago Baratz, già oggetto di una bonifica da ordigni esplosivi di residuati bellici, su una piccola area, si sono rilevate diverse masse magnetiche in diversi punti, distribuiti all'interno di tutto il lago. Tali masse rilevate possono essere proiettili di piccolo calibro, spolette, bossoli o detonatori interrati tra i 10 e i 50 cm di profondità o ordigni di massa superiore interrati fino ad un massimo di 100 cm. Ancora si sono rilevate masse magnetiche identificabili come bombe a mano, a mazza, spezzoni di aereo interrati tra i 30 e i 70 cm e anche bombe d'aereo entro i 2 metri di profondità.

In considerazione del fatto che durante le analisi granulometriche e la raccolta dei campioni di macroinvertebrati e il posizionamento e il ritiro delle reti pelagiche c'era il rischio di smuovere o toccare qualche ordigno, si è deciso di non campionare tale lago per quei parametri giudicati pericolosi e di mantenere i soli campionamenti di fitoplancton e macrofite, giudicati sicuri perché non coinvolgenti il substrato lacustre. Per poter avere comunque un ambiente naturale campionato e rilevato per tutti i parametri biologici e per quelli idromorfologici, utile allo sviluppo del progetto, si è sostituito il Lago Baratz con il Lago Piccolo di Avigliana che risponde molto bene ad almeno due dei quattro criteri utilizzati precedentemente, e sopra riportati, per la scelta dei siti. Infatti è un lago di particolare interesse regionale perché è anche Parco Naturale ed è poco impattato da un punto di vista idromorfologico. Poiché la scelta di questo sito è stata effettuata a campagna di campionamenti iniziata, non è stato possibile quest'anno e per questo *deliverable* riportare i campionamenti e i primi risultati per tutti i parametri indagati.

Per quanto riguarda la scelta degli invasi definitivi della Regione Sardegna, si doveva decidere tra il Lago Cedrino e il Lago Posada. Si è deciso di escludere il Lago Cedrino in

quanto il trend dell'evoluzione trofica non era molto diverso da quello del lago Liscia, caratteristico di un ambiente abbastanza eutrofo, mentre quello del Lago Posada, è risultato a cavallo tra i laghi Torrei e Liscia, e quindi caratteristico di un ambiente non totalmente eutrofo. In questo modo si sono scelti degli ambienti lungo un gradiente trofico ben definito e caratteristico per ciascuno.

Per quanto riguarda i parametri da campionare per ciascun sito si è deciso di effettuare campionamenti di fitoplancton per tutti i laghi, campionamenti di pesci, per tutti i laghi ad eccezione del Lago Baratz, campionamenti di macroinvertebrati in aggiunta a campionamenti di granulometria per tutti i laghi, anche se per gli invasi non era richiesto dal progetto, tranne che per il Lago Baratz, campionamenti di macrofite per i laghi naturali, compreso il Lago Baratz e per alcuni invasi sardi dove presenti, in quanto negli ambienti altamente modificati le continue variazioni di livello idrometrico, specialmente in periodo primaverile-estivo, comportano la mancata sommersione della zona riparia, impedendo di fatto alle macrofite di attecchire e svilupparsi. Indagini idromorfologiche in tutti i laghi tranne che nel Lago Baratz.

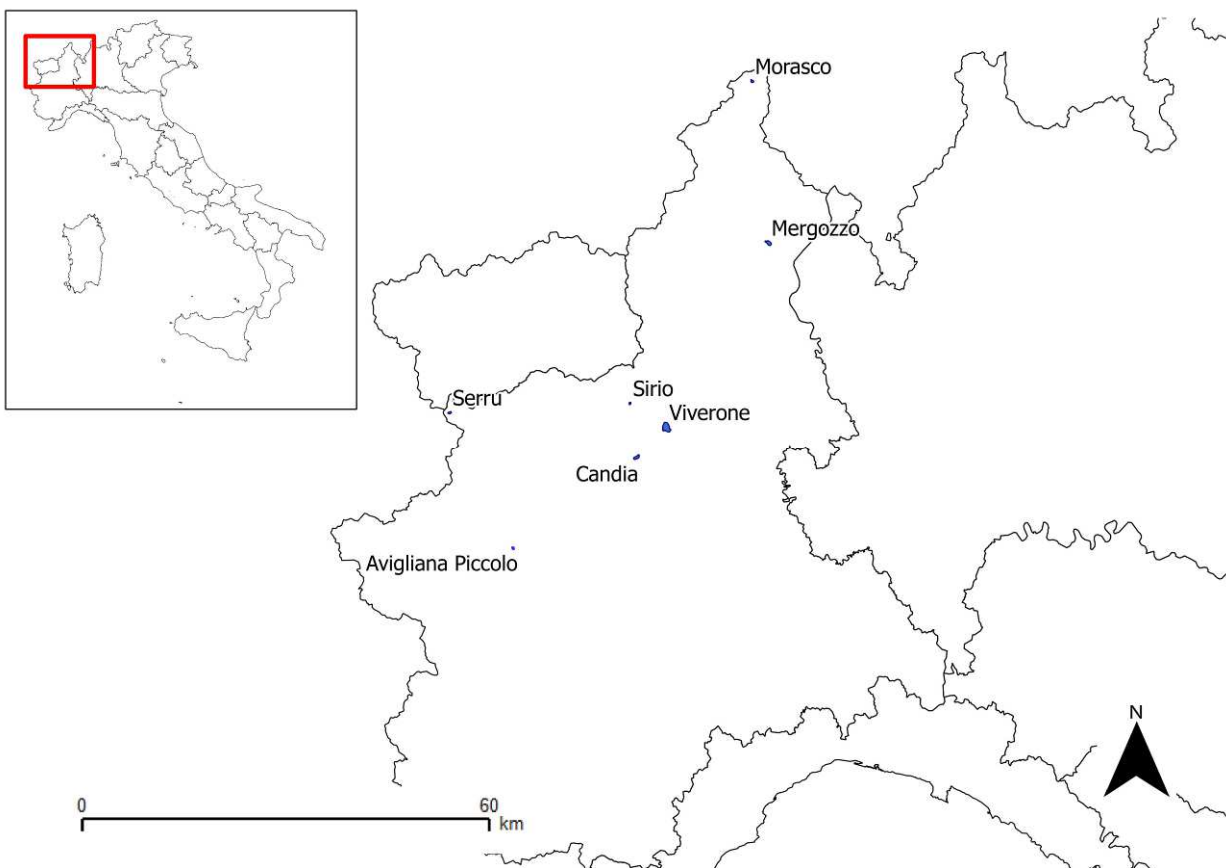


Fig. 2.1 – Localizzazione dei laghi piemontesi scelti per lo sviluppo del progetto INHABIT

La decisione di mantenere comunque i campionamenti di fitoplancton e di macrofite nel Lago Baratz, anziché sostituirlo completamente con il Piccolo di Avigliana è stata dettata soprattutto dal fatto che tale lago è l'unico naturale presente in Sardegna. Le sue

caratteristiche biologiche risultano quindi importanti non solo per lo sviluppo del progetto, rispetto alle caratteristiche dei laghi mediterranei, ma anche per una maggiore conoscenza di questo ambiente particolare, interessante per la Regione Sardegna, anche da un punto di vista turistico-ricreativo, qualora fosse possibile la sua completa bonifica.

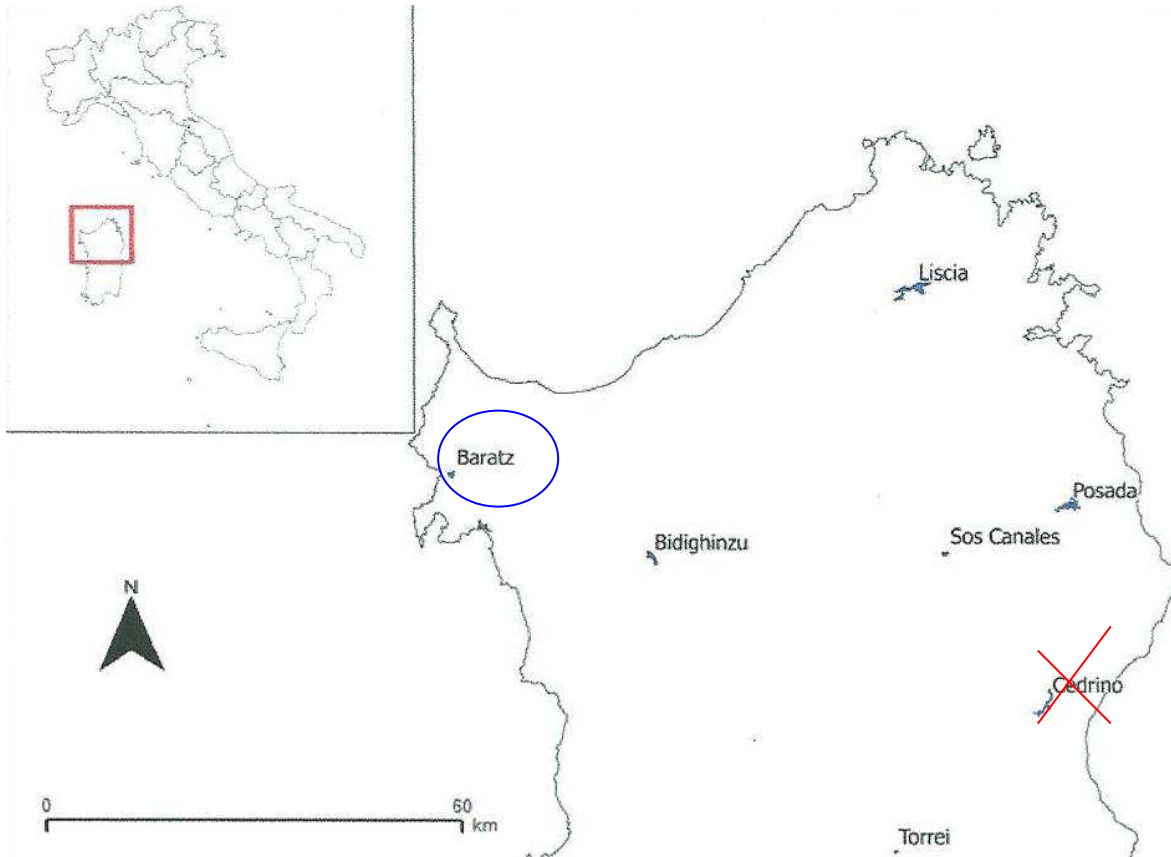


Fig. 2.2 – Localizzazione dei laghi sardi scelti per lo sviluppo del progetto INHABIT

CAPITOLO 3 – LAGHI STUDIATI: Piemonte

3.1 LAGO DI MORASCO

Inquadramento geografico e morfometria

Il Lago di Morasco è un lago naturale ampliato a fini idroelettrici, situato in territorio piemontese, nella provincia del Verbano-Cusio-Ossola, nella valle del Torrente Gries, affluente di destra del Toce. Il Lago e il suo bacino si trovano all'interno del territorio comunale di Formazza, nell'omonima valle, la più settentrionale dell'Ossola. Nella figura 3.1.1 si riporta l'estratto della CTR 1:10'000 dove è posizionato il lago, il foglio di riferimento è il n°020130.

Il Lago di Morasco originariamente era un lago di origine glaciale, ampliato con una diga in cemento lunga 564,87 m, della forma di un arco circolare con un raggio di 556 m. La diga ha un'altezza massima di 54 metri sul livello dell'emissario ed è stata costruita a scopo idroelettrico da Enel Produzione S.P.A..

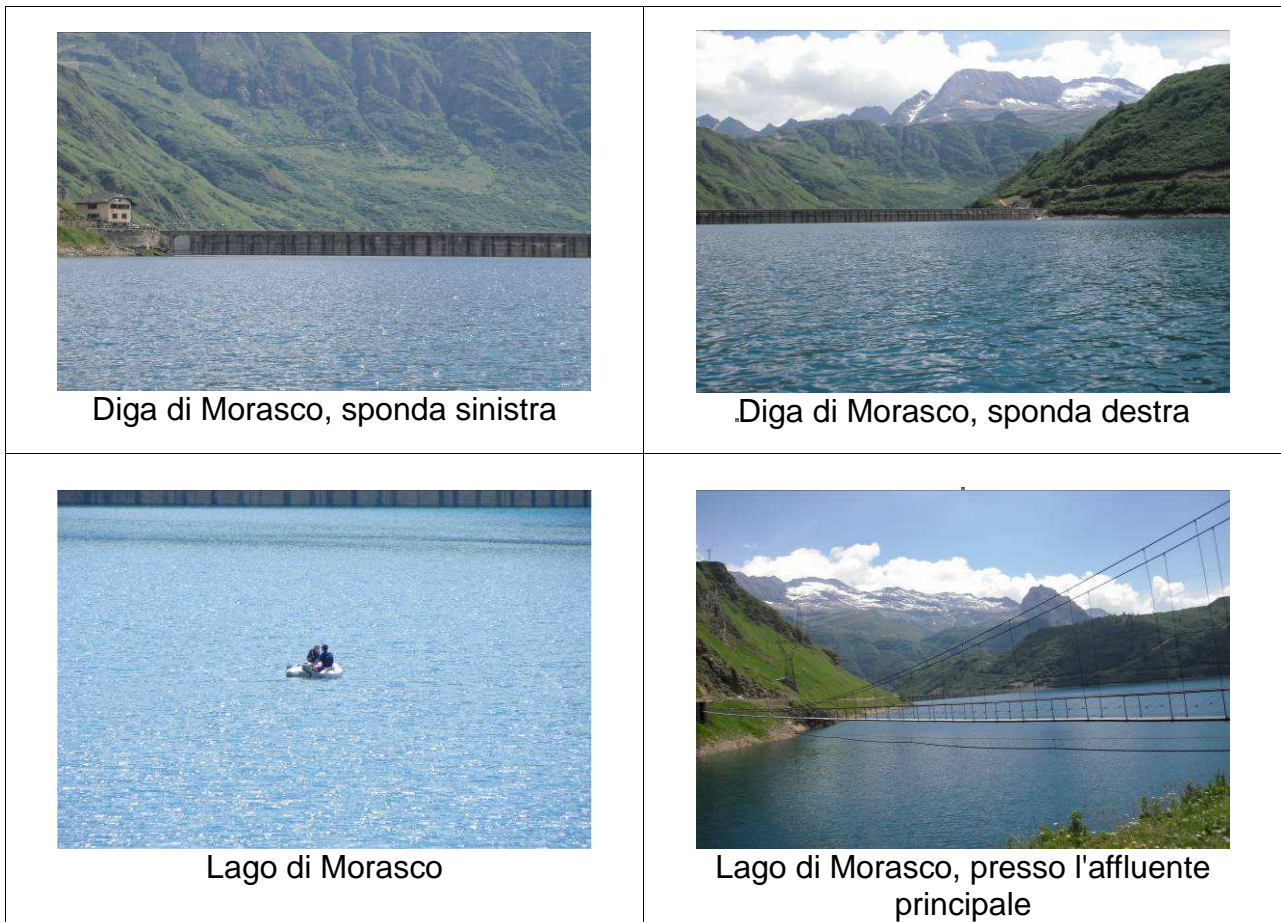
Il volume a massimo invaso è di 18,2 milioni di metri cubi, alla quota di 1815 m s.l.m., con una superficie massima del lago di 0,57 km² e una profondità media di 31 m (IRSA, 1981). Il lago gela normalmente da dicembre ad aprile.

La diga di Morasco è stata costruita negli anni 1936 - 1940 dall'Edison, con progetto degli ingegneri Piero Marinoni e Claudio Marcello, con la collaborazione di Antonio Motta. Tramite una galleria lunga 5 km alimenta la centrale di Ponte. La diga si trova dentro un'antica conca glaciale allo sbocco della valle di Gries, affluente del Toce. Il bacino imbrifero sotteso è di 32,6 km² mentre quello allacciato è di 6,1 km². La diga è del tipo a gravità con andamento planimetrico arcuato, che forma un arco del raggio di 566 m. Lo sbarramento è in calcestruzzo, i due paramenti sono fatti in calcestruzzo armato precompresso con spessore costante di 2 m sul paramento di valle, e variabile da 2,5 m a 5 m nel paramento di monte. La diga è attraversata longitudinalmente da tre gallerie e verticalmente da 2 pozzi di drenaggio. I giunti di dilatazione sono disposti per tutta la lunghezza dello sbarramento, ad una distanza costante di 12 m. (<http://www.progettodighe.it/main/le-dighe/article/morasco>)

Lo scarico di superficie è situato in sponda sinistra e composto da 10 luci, di cui una protetta da paratoia. Le luci di sfioro sono larghe 5 metri e scaricano in uno scivolo che accompagna le acque a valle. La portata complessiva dello sfioratore di superficie è di 151 m³/s.

Lo scarico di fondo è costituito da una ramificazione della galleria di presa, la galleria di scarico è a sezione circolare con diametro di 2,6 m, la soglia di presa è a quota 1.772,3 m s.l.m.; la portata massima scaricabile è di 105 m³/s.

Lo scarico di fondo ausiliario è costituito da una condotta con diametro 0,9 m protetta da una valvola Johnson che attraversa lo sbarramento; quest'ultimo scarico ha una portata massima di 13 m³/s.



Il bacino imbrifero è completamente disabitato, a parte la presenza di 3 rifugi alpini: il Città di Busto, il Cesare Mores e il Somma Lombardo. Ospita inoltre alcuni ghiacciai, tra cui quello più importante è quello dei Sabbioni, e il lago omonimo.

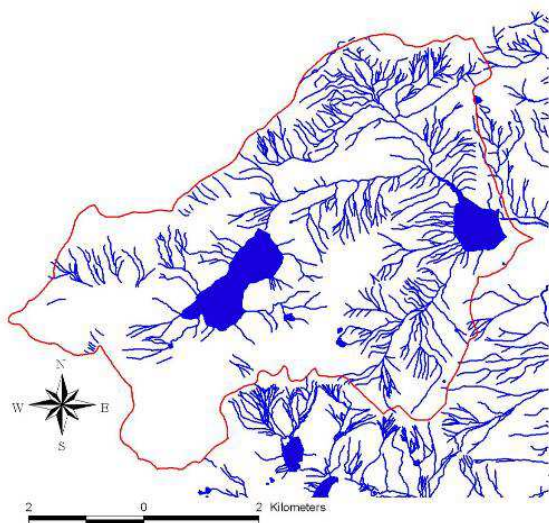


Fig. 3.1.1 – Lago di Morasco e suo bacino imbrifero. CTR 1: 10'000 e foto aerea. La foto aerea è stata scaricata da GoogleEarth.

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Dal punto di vista geologico, la parte centrale del bacino imbrifero è principalmente costituita da calcescisti, con una superficie di alterazione variabile dal marrone scuro al nero e una superficie di frattura fresca grigia plumbea. L'effetto dell'erosione superficiale differenziale, che conferisce alla roccia un aspetto rugoso, evidenzia la presenza di livelli silicatici e biotitico-anfibolitici. All'interno di questa zona si trovano affioramenti di arenarie e quarziti in bande longitudinali rispetto alla valle.

A nord e a sud di questa zona di calcescisti, si trovano invece gneiss ghiandoni porfiroidi e gneiss granitoidi talora occhiadini in strati approssimativamente perpendicolari alla valle.

Tra le due formazioni geologiche affiorano marmi sia calcitici che dolomitici, spesso micacei, e alcuni affioramenti di carnioli. Inoltre alcuni affioramenti di micascisti più o meno calcarei ricchi di granati si trovano nella parte settentrionale del bacino.

In prossimità del lago, sulla sponda sinistra orografica, si trova un vasto affioramento di gneiss minuti scistosi, talora conglomerati o brecciati, talora carbonatici, con intercalazioni di micascisti, scisti anfibolici e scisti calcarei (Mosello et al 1994).

Oltre all'immissario principale, che proviene dal ghiacciaio e dal lago dei Sabbioni, vi sono altri due immissari rilevanti.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il bacino afferente al Lago di Morasco risulta essere privo di aree artificiali; si trovano in prevalenza rocce nude e affioramenti e aree a pascolo naturale con brughiere e cespuglieti. In figura 3.1.2 è riportato l'uso del suolo derivato dal Corine Land Cover 2000 al 3° livello, unitamente al più ampio bacino comprende il lago dei Sabbioni, e in tabella 3.1.1 la legenda relative alle categorie di uso del suolo presenti nei due bacini imbriferi.

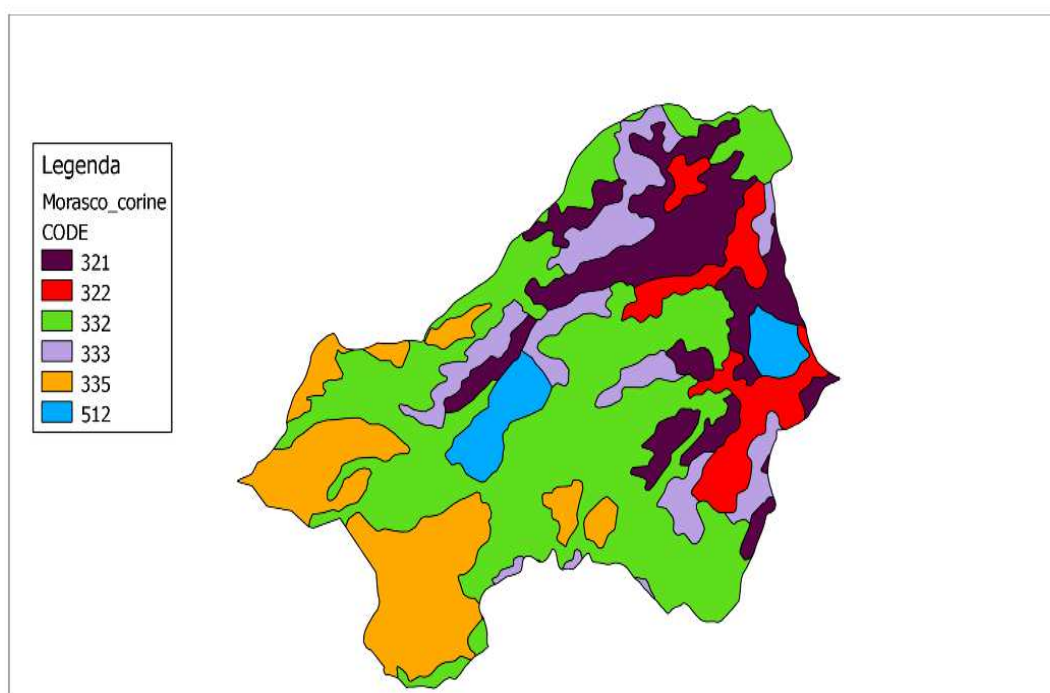


Fig. 3.1.2 – Uso del suolo da Corine Land Cover per il bacino del Lago di Morasco, comprensivo del lago dei Sabbioni.

Tab. 3.1.1 – Descrizione delle categorie di uso del suolo.

Codice legenda Corine	Descrizione
321	Aree a pascolo naturale e praterie
322	Brughiere e cespuglieti
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
333	Aree con vegetazione rada
335	Ghiacciai e nevi perenni
512	Bacini d'acqua

Caratterizzazione socio-economica

Il lago di Morasco è spesso meta turistica per gite ed escursioni. Il lago è facilmente raggiungibile attraverso una strada asfaltata ma sulla quale vi è il divieto di transito e si deve quindi salire a piedi. Nei mesi estivi è disponibile una navetta gratuita che parte da Riale e porta fino all'inizio della diga. Molto bella risulta la camminata intorno al lago, accessibile a tutti, almeno nei mesi estivi. Nei mesi invernali il lago ghiaccia, offrendo un panorama particolarmente suggestivo. Il lago è spesso meta di pescatori, che vanno a caccia delle trote presenti nelle acque che fanno da sorgente al fiume Toce. Sopra il lago di Morasco, a circa 2100 m s.l.m. si trova il “Bettelmatt”, l'alpeggio da cui prende il nome il famoso “Formaggio Bettelmatt”. Dal lago è possibile raggiungerlo o seguendo una jeepabile che parte dal versante destro o attraverso un sentiero che sale tra i cespugli, al centro della valle.



Lago di Morasco, affluente



Lago di Morasco e sponde



Lago di Morasco e bacino drenante



Lago di Morasco, affluente principale

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago di Morasco è un corpo idrico fortemente modificato, e, come è già stato detto nel Capitolo 1, in questo tipo di ambienti il tipo di substrato crea notevoli problemi per quanto riguarda la chiusura della draga. Nella prima campagna di campionamento, effettuata dopo il disgelo, è stato quindi posizionato un solo transetto che dall'immissario corre verso il muraglione della diga. Il protocollo prevedeva l'analisi di 3 punti di campionamento, che rappresentassero le 3 diverse zone: fluviale, di transizione e lacustre, ma nella prima non si è riusciti a prelevare nessun campione per la presenza di substrato costituito da ciottoli di varie dimensioni. Sono stati quindi considerati 2 punti di campionamento per le analisi biologiche, associando a questi anche la raccolta dei campioni per l'analisi granulometrica (Tab. 3.1.2).

È da tenere in considerazione anche il fatto che il campione della zona profonda non rispecchia il punto di massima profondità del lago che si trova a ridosso del muraglione della diga, ma per motivi di sicurezza dettati dall'Ente gestore (IREN Energia), l'avvicinamento non è stato possibile.

Tab. 3.1.2 – Stazioni, profondità e coordinate dei punti di campionamento per l'analisi granulometrica, biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	12	453511	5141272	46	25	24,31	8	23	41,95
	T1 St. 1	30	453594	5141483	46	25	31,17	8	23	45,76

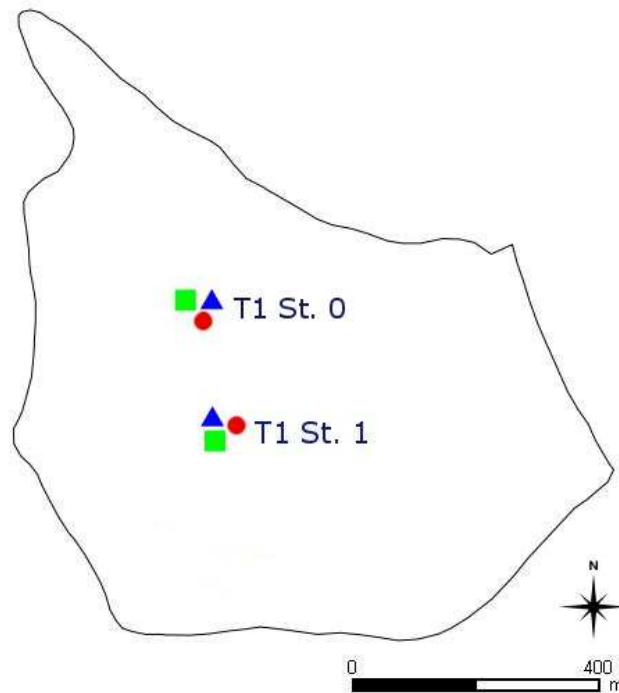


Fig. 3.1.3 - Stazioni per l'analisi granulometrica (▲), biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago Morasco è stato campionato il 29 Giugno ed il 28 Luglio. Nei laghi d'alta quota la stagione vegetativa per il fitoplancton è sostanzialmente limitata al periodo estivo. Quindi, la periodicità prevista dal protocollo va rivista in modo significativo per questi ambienti, concentrando i prelievi nei mesi estivi.

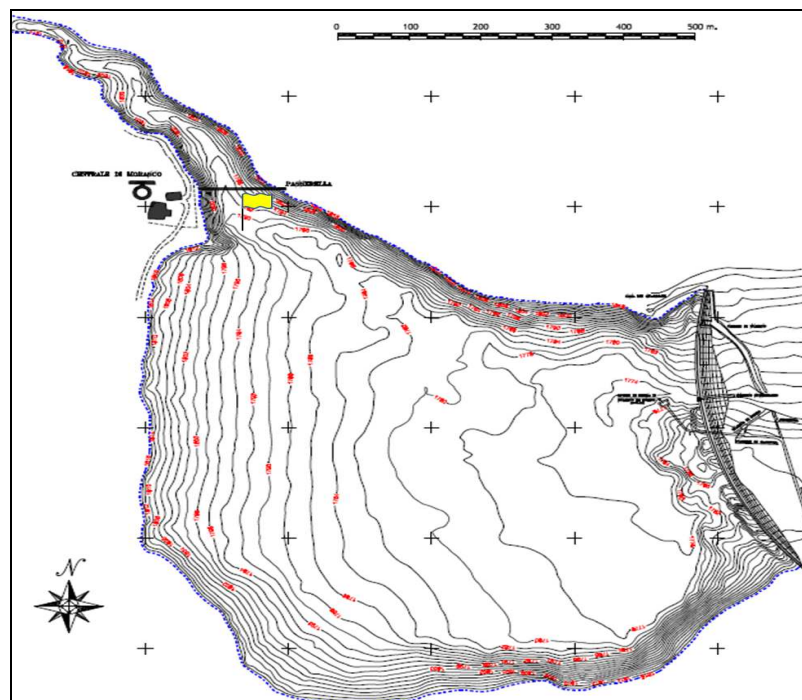


Fig. 3.1.4 - Batimetria del Lago Morasco. La bandierina gialla indica la posizione della stazione 58 di campionamento per il fitoplancton e l'idrochimica.

Si prevede di effettuare un altro campionamento in Settembre e, se possibile, un ultimo prelievo in Ottobre. Dal punto di vista logistico si segnala la difficoltà ad operare con una imbarcazione in questo bacino, dove il vento soffia spesso lungo l'asse W-E, verso il muraglione della diga e l'opera di presa. Per il fitoplancton, si è scelta una stazione sufficientemente lontana dalla diga, situata su una batimetria di circa 20 m (bandiera gialla in Fig.3.1.4).

In occasione del prelievo del 28 Luglio non è stato possibile calare in acqua il gommone a causa delle avverse condizioni meteo ed il campionamento è stato fatto dalla passerella, che attraversa il lago a monte del punto di campionamento e non lontano da questo. Al di sotto della passerella si misura una profondità massima di circa 18 metri, sufficiente per un campionamento rappresentativo.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

In tabella 3.1.3 è riportata l'organizzazione tipo per il campionamento della fauna ittica nei laghi; i campionamenti effettuati hanno seguito tutti questa organizzazione. Ad oggi i campionamenti non hanno evidenziato problematiche particolari, potendo contare su un team collaudato e una metodologia standardizzata. Si deve tuttavia fare notare che, soprattutto nei laghi digati di alta quota (>1600 m s.l.m.) come il Lago Morasco o il Lago Serrù, che presentano sponde molto ripide e spesso artificializzate, la cui ricchezza in specie è molto ridotta (una o due specie al massimo), e la presenza di specie prettamente litorali è nulla, la pesca elettrica non è efficace.

Tab. 3.1.3 – Esempio di organizzazione e tempistica del campionamento della fauna ittica. La **x** per il numero delle reti varia in base alla superficie ed alla profondità del lago.

	Mattino (7.30 -12.30)	Pomeriggio (14.00-19.00)
Giorno 1	-	Posa x reti
Giorno 2	Salpaggio x reti Rilevazione parametri morfometrici	Elettropesca e rilevazione parametri morfometrici Lavaggio e sistemazione reti Posa x reti
Giorno 3	Salpaggio x reti Rilevazione parametri morfometrici Elettropesca	Lavaggio e sistemazione reti Elettropesca

Il campionamento della fauna ittica per il Lago di Morasco è stato effettuato a luglio 2011. Il campionamento si è svolto senza particolari problemi. Il tempo impiegato sul campo è stato di un giorno e mezzo.

La rimozione del pescato è stata effettuata in Istituto a causa del forte vento presente sul lago e l'elevata difficoltà di effettuarlo in campo. L'operazione è durata circa tre giorni. Si è deciso di operare in questo modo poiché dato l'elevato numero di esemplari, il tempo necessario per rimuoverli dalle reti sarebbe stato troppo lungo con l'inevitabile rischio di compromettere il campione (essiccamento).

Sono state rilevate solo due specie, la sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*), quasi esclusivamente vicino alla linea di costa in acque poco profonde e la trota iridea (*Onchorynchus mykiss*), pressoché ovunque nell'intero lago.



Fig. 3.1.5 Fase di recupero di una rete pelagica

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

Per la caratterizzazione idromorfologica dei laghi del progetto INHABIT è stato utilizzato il metodo Lake Habitat Survey (LHS) dello SNIFFER (SNIFFER, 2008), descritto nel precedente deliverable del progetto INHABIT Pd3 (*Indicazioni generali e protocolli di campo per l'acquisizione di informazioni idromorfologiche e di habitat*), sia per i laghi naturali che per gli invasi.

La metodologia prevede che il metodo sia applicato nel periodo di stratificazione del corpo idrico e di conseguenza si sono effettuate le applicazioni durante l'estate del 2011.

Il Lago Morasco è stato indagato il 4 luglio 2011.

I punti di indagine sono stati 10, come da protocollo, disposti secondo quanto riportato in figura 3.1.5. La scheda di campo è stata compilata completamente e non si sono rilevate difficoltà o problemi durante l'indagine.

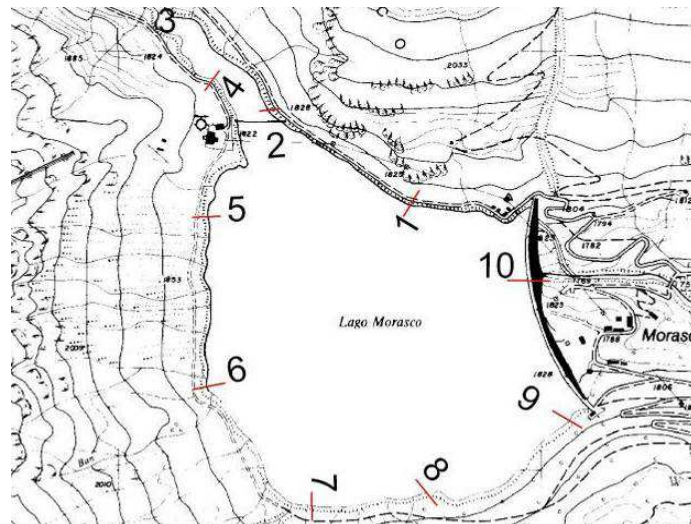


Fig. 3.1.5 – Punti di applicazione del metodo LHS.

I punti di applicazione sono indicati in figura 3.1.5 con la linea rossa e sono stati numerati per poter ritrovare sul posto la loro posizione attraverso uno strumento GPS. Nella tabella 3.1.3 si riportano le coordinate dei punti di indagine.

Tab. 3.1.3 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD	Lat_Decimale	Long_Decimale	Latitudine	Longitudine
1	453652,30011	5141625,02468	46,42660717	8,396789239	46 25 35.78	8 23 48.44
2	453333,40384	5141841,58927	46,4285341	8,392617425	46 25 42.72	8 23 33.42
3	453054,63491	5142112,93370	46,43095664	8,388962068	46 25 51.44	8 23 20.26
5	453182,49739	5141586,35461	46,42622675	8,39067903	46 25 34.41	8 23 26.44
6	453185,13975	5141194,48357	46,42270042	8,390752706	46 25 21.72	8 23 26.70
7	453419,03870	5140898,89106	46,42005651	8,39382597	46 25 12.20	8 23 37.77
8	453800,48273	5140918,46770	46,42025889	8,398787616	46 25 12.93	8 23 55.63
4	453196,41460	5141911,87599	46,42915714	8,390827516	46 25 44.96	8 23 26.97
10	453936,06247	5141524,10912	46,42571843	8,400492128	46 25 32.58	8 24 1.77
9	454067,28442	5141152,36117	46,42238195	8,402236414	46 25 20.57	8 24 8.05

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 1-2). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 3.1.

Per quanto riguarda il Lago Morasco non sono stati rilevati particolari impatti antropici provenienti dal bacino né artificializzazioni delle sponde, tranne la presenza della diga, né attività umane nella zona riparia e/o litorale.

Il substrato predominante nella zona litorale è di tipo roccioso con presenza di sassi/massi e nella zona riparia, non sono state trovate specie invasive degne di nota.

3.2 LAGO DI MERGOZZO

Inquadramento geografico e morfometria

La sua origine risulta di tipo fluvio-glaciale; sul lago si affaccia l'unico centro abitato, quello di Mergozzo; oltre a questo comune, anche una piccola parte del comune di Verbania, località Fondotoce, rientra nel bacino del lago. In figura 3.2.1 è riportato il bacino del lago di Mergozzo unitamente ad una sua foto aerea; la cartografia di riferimento è la CTR in scala 1:10'000, fogli n°073020 e 073060.

Il perimetro del lago misura 5,93 km, con una lunghezza e larghezza media degli assi principali di 2,33 km e 0,78 km rispettivamente. L'area del lago è di 1,83 km² ed è caratterizzato da una profondità media di 45,44 m.

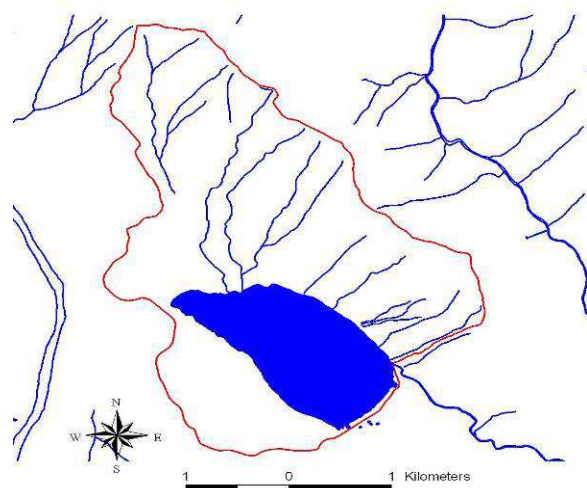


Fig. 3.2.1 – Lago di Mergozzo e suo bacino imbrifero. CTR 1: 10'000. e foto aerea. La foto aerea è stata scaricata da GoogleEarth.

La profondità massima del lago raggiunge i 73 m con un volume medio di 82,96 milioni di m³. Il lago si trova ad una quota media di 195 m s.l.m. e il suo bacino idrografico misura 10,4 km², ed è caratterizzato da un rapporto area bacino/area lago pari a 5,76. L'altitudine massima del suo bacino è di 1315 m s.l.m. ed una quota media di 400 m s.l.m.. Data la poca estensione areale del bacino rispetto alla sua altitudine, esso risulta particolarmente acclive.

Il lago è stato incluso dalla Regione Piemonte tra le aree da destinare a parco o riserva naturale (SIR).

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Il bacino imbrifero del Lago di Mergozzo è inserito nell'unità sudalpina del "Massiccio dei Laghi", costituita prevalentemente da graniti e rocce metamorfiche ricche di silicati. Il grande banco granitico (cristallo di ortoclasio del granito rosa) che costituisce il Monte Orfano (790 m s.l.m.) si estende dal lago D'Orta a Mergozzo, predominando dunque nel versante sud-occidentale; la sponda nord-orientale è invece occupata per la maggior parte

da metamorfositi. Scisti biotitici presenti in alcune porzioni del MonteOrfano, danno origine al cosiddetto granito verde di Mergozzo. Partendo da nord all'altezza di Cuzzago e' presente la zona di rocce basiche Ivrea-Verbanò, con concentrazioni di gneiss granato-biotitici, e la zona kinzigitica, sul versante della valle fra Cuzzago. Tra Nibbio e Bettola, la roccia e' costituita in prevalenza da gneiss anfibolitici e pirossenici alternati a paragneiss. Sulle rocce sovrastanti Candoglia sono particolarmente sviluppati marmi e calcefiri. (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi)



Per quanto riguarda l'uso del suolo in figura 3.2.2 è riportata la caratterizzazione secondo Corine Land Cover 2000 al 3° livello e nella tabella 3.2.1 la descrizione delle tipologie di uso del suolo presenti nel bacino imbrifero del lago; la maggior parte del bacino è caratterizzata dalla presenza di bosco di latifoglie (38,8%), ma elevata risulta anche la presenza di vegetazione arbustiva ed erbacea (33,9%). La zona urbanizzate risulta essere di 0,7 km² (7,0%), mentre solo come presenza sono individuate zone estrattive (0,8%) e zone agricole (0,3%).

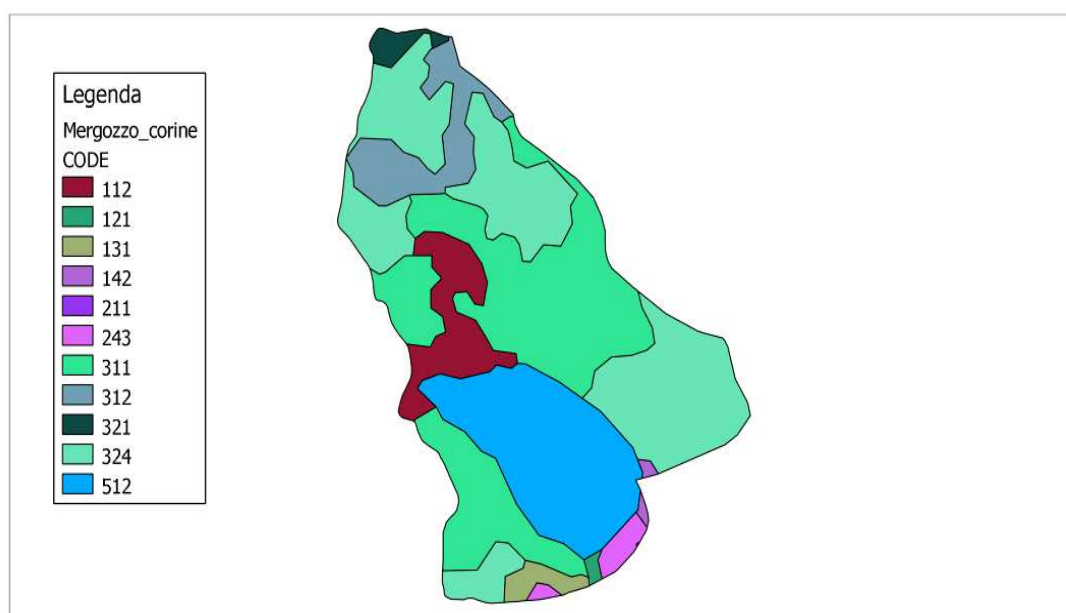


Fig. 3.2.2 – Uso del suolo da Corine Land Cover per il bacino del Lago di Mergozzo.

Tab. 3.2.1 - Descrizione delle categorie di uso del suolo.

Codice legenda Corine	Descrizione
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
121	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
131	Aree estrattive
142	Aree ricreative e sportive
211	Seminativi in aree non irrigue
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
311	Boschi di latifoglie
312	Boschi di conifere
321	Aree a pascolo naturale e praterie
324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
512	Bacini d'acqua

Caratterizzazione geomorfologica del bacino drenante e idrologia

Il Lago di Mergozzo appartiene al bacino imbrifero del Lago Maggiore, ed era in passato un unico lago con esso; infatti, in passato, il Fiume Toce sfociava nel Lago Maggiore secondo una direzione perpendicolare all'asse principale del golfo di Pallanza, che comprendeva anche tutto l'attuale bacino di Mergozzo. Il delta lacustre era così collocato lateralmente al lago, in posizione analoga a quella attuale della Maggia ad Ascona; nel corso dei secoli il suo continuo naturale movimento migratorio, dovuto al materiale trasportato, soprattutto durante gli eventi di piena, lo ha alla fine portato a raggiungere la sponda opposta (in direzione dell'abitato di Fondotoce), determinando così la definitiva separazione fra il Lago Maggiore ed il lago di Mergozzo (Barbanti, 1994). Sicuramente i due corpi idrici lacustri continuano ad essere in contatto tra loro nella parte sotterranea. Il bacino si estende longitudinalmente tra le pendici orientali del Monte Orfano (m. 790 slm) e la dorsale Monte Faiè - Monte Castello.

I principali immissari del lago sono il Rio Bracchio e il Rio Rescina che scendono entrambi in sponda nord, con direzione nord-sud. Il canale di Mergozzo è l'emissario del lago ed è il collegamento superficiale con il lago Maggiore.

Caratterizzazione socio-economica

Il Lago di Mergozzo che appartiene alla Comunità Montana Valle Ossola è un piccolo lago circondato da boschi e dominato dal Monte Orfano. Il lago ricade amministrativamente nel comune di Mergozzo, che conta 2.038 abitanti. Per una parte più limitata, nella zona-

sudorientale, appartiene anche al comune di Verbania. Questo piccolo lago è uno dei più puliti d'Italia; da anni nelle sue acque è vietato l'uso delle imbarcazioni a motore: ciò ha fatto sì che questo specchio d'acqua venga considerato un paradiso dagli appassionati di sport acquatici. La pesca nelle sue acque è gestita dalla FIPSAS (Associazione Italiana pesca sportiva e attività subacquee) e nel lago è possibile trovare e pescare le migliori specie ittiche. L'economia mergozzese è tipicamente turistica. In effetti, importante è il riconoscimento recentemente concesso dalla Regione Piemonte al Comune di Mergozzo quale "Comune a rilevanza turistica". Raggiungendo oltre 20.000 presenze alberghiere ed almeno 150 posti letto, il Comune fonda gran parte della propria economia sul turismo.

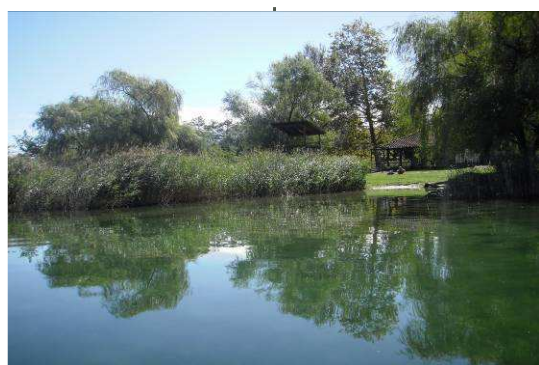
Tra le attività produttive, la principale risulta essere quella estrattiva e di lavorazione della pietra. In territorio di Mergozzo, ma fuori dal bacino imbrifero del lago, si trovano le Antiche Cave del pregiatissimo marmo di Condoglia, ancora oggi attive. Altra pietra di grande valore è quella di Montorfano nota ed esportata in tutto il mondo, le cui cave si trovano parzialmente nel bacino imbrifero del lago. Molti piccoli laboratori lavorano artigianalmente la pietra. Un buon numero di aziende agricole è attivo, specialmente nel settore florivivaistico. (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi)



Lago di Mergozzo, spiaggia del campeggio Continental



Lago di Mergozzo, vista del campeggio Continental



Lago di Mergozzo, zona a canneto



Lago di Mergozzo



Lago di Mergozzo particolare di vegetazione spondale



Lago di Mergozzo, spiaggia e trasparenza dell'acqua



Lago di Mergozzo e particolare dell'abitato di Mergozzo



Lago di Mergozzo e particolare ristorante-lido Piccolo Lago

Per quanto riguarda le pressioni e gli impatti gravanti sul lago e sul suo bacino si può dire che non ci sono attualmente prelievi d'acqua dal lago né all'interno del bacino imbrifero. Per quanto riguarda gli scarichi di origine civile, la rete fognaria del Lago Mergozzo è collettata ad un depuratore che recapita gli scarichi depurati fuori bacino, direttamente nel Fiume Toce. Per quanto riguarda gli scarichi civili e altri scarichi puntuali o diffusi, gravanti sul lago, si riportano nelle seguenti tabelle seguenti (3.2.2 – 3.2.6) le principali sorgenti di carico e la relativa entità, sia per il fosforo che per l'azoto, riprese dal sito della Regione Piemonte (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Tab 3.2.2 - Scarichi al lago da rete fognaria.

Popolazione insediata sul bacino drenante	Popolazione totale collettata		Popolazione totale trattata			Popolazione non collettata
	[abitanti]	% su popolazione insediata	N° impianti	[abitanti]	% su popolazione insediata	
559	537	96%	0	1 [3]	537	22

Tab. 3.2.3 - Stima dei carichi di origine civile non trattati.

	Stima dei carichi in uscita[t/a]			
	BOD5	COD	Ptot	Ntot
Carichi non trattati ma collettati	0,34	0,74	0,01	0,07
Carichi non trattati perché non collettati - scarichi domestici	0,91	1,96	0,02	0,19
Totale	1,26	2,70	0,03	0,26
Carichi non trattati ma collettati	0,34	0,74	0,01	0,07
Carichi non trattati perché non collettati - scarichi domestici	0,91	1,96	0,02	0,19

Nessun scarico di origine produttiva è censito sul bacino drenante del lago, né sul lago stesso.

Tab. 3.2.4 - Stima degli apporti al lago da sorgenti diffuse di inquinamento.

Azoto	Carichi potenziali [t/anno]	Carichi effettivi runoff * [t/anno]	Carichi diretti al lago [t/anno]
Agricoltura	0,35		
Zootecnia	0,81		
Apporto meteorico	21,96		4,30
Totali	23,13	6,90	4,30

Fosforo	Carichi potenziali [t/anno]	Carichi effettivi runoff * [t/anno]	Carichi diretti al lago [t/anno]
Agricoltura	0,10	---	---
Zootecnia	0,22	---	---
Apporto meteorico	0,15	---	0,029
Totali	0,47	0,31	0,029

*la stima dei carichi effettivi da run-off deriva da metodologia applicata a scala regionale

Tab. 3.2.5 - Stima dei carichi totali afferenti al lago da scarichi puntuali e inquinamento diffuso.

Origine puntuale	Origine diffusa		Origine diffusa	Origine diffusa	
	P [t/a]	N [t/a]		P [t/a]	N [t/a]
Scarichi fognari trattati	---	---	Agricola	---	---
Scarichi non trattati	0,00	0,00	Zootecnica	---	---
Scarichi diretti da insediamenti produttivi	0,007	0,083	Meteorica	---	---
Totale origine puntuale	0,01	0,11	Totale origine diffusa	0,34	11,20

Tab. 3.2.6 - Carico totale dei nutrienti afferenti al lago (origine puntuale + origine diffusa).

Carico annuo totale	0,35	11,31
Carico massimo ammissibile teorico	0.45*	---
Fattore limitante i processi di eutrofizzazione	Fosforo	---
Carico annuo totale	0,35	11,31

*valore di riferimento per laghi mesotrofi, metodo OECD (Gaggino et al, 1987)

Trend evolutivo dello stato trofico del lago

Negli ultimi decenni, il Lago di Mergozzo ha mantenuto le sue originarie caratteristiche di oligotrofia, grazie ai bassi valori di concentrazione del fosforo e ai ridotti apporti in ingresso di questo elemento provenienti dal bacino imbrifero. Tuttavia, nel periodo 1969-1970 il lago cadde in condizioni temporaneamente eutrofiche, caratterizzate da imponenti fioriture di *Oscillatoria rubescens*, a causa dello scarico diretto in lago di una condotta fognaria priva di depurazione e dell'innalzamento di una soglia artificiale all'incile del lago, che ha impedito il deflusso delle sue acque nel Maggiore.

Negli ultimi anni si è assistito ad un recupero delle condizioni trofiche e attorno alla prima metà degli anni '90 il lago versava addirittura in condizioni di ultraoligotrofia-oligotrofia, mostrando produttività biologiche ed ittiche estremamente contenute. Attualmente le condizioni di oligotrofia sono confermate dai valori di fosforo totale, clorofilla a e trasparenza. Studi risalenti al 1994 (Giussani, 1994) e al 1997 (Calderoni & Marchetto, 1998) confermano il basso livello trofico del lago in relazione alle caratteristiche del popolamento ittico, quali la scarsa produttività, la composizione in specie, la contrazione numerica delle specie litorali e il ridotto accrescimento delle specie pelagiche. (Calderoni. & Marchetto. 1998). Stato delle conoscenze sulla situazione ambientale dei laghi piemontesi.

I valori di fosforo totale, misurati in corrispondenza dei periodi di circolazione invernale a partire dal 1975, evidenziano un trend migliorativo che ha portato le massime concentrazioni di 11 mg/l riscontrate tra il 1975 e il 1982 ai tenori di 4-5 mg/l riscontrati nell'ultimo decennio (P tot medio biennio 2001-2002 pari a 5,5 mg/l). Secondo la classificazione trofica a valori fissi dell'OECD (1982), tale range di valori corrisponde tendenzialmente ad una situazione di oligotrofia, anche se risulta evidente il passaggio, relativamente al parametro fosforo, da una condizione di oligotrofia al limite con la mesotrofia a una condizione di oligotrofia al limite con l'ultraoligotrofia. Le concentrazioni di fosforo reattivo, invece, direttamente assimilabile dalla componente algale, dal 1975 si mantengono sempre al di sotto dei 4 mg/L. L'osservata diminuzione delle concentrazioni lacustri di fosforo sono correlabili alla graduale realizzazione a partire dagli anni '80 della diversione degli scarichi urbani all'impianto di depurazione di Ornavasso-Mergozzo, esterno al bacino imbrifero.

(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi)

Analisi delle criticità/problematiche quali-quantitative in relazione allo stato del lago

1) Gi apporti antropici a lago sono annullati dalla presenza di un collettore fognario che

recapita i reflui depurati al Fiume Toce. Gli apporti di nutrienti derivano dunque unicamente dal dilavamento del bacino imbrifero e dalle precipitazioni (carico meteorico). Il Lago di Mergozzo non è soggetto ad alcuna criticità né dal punto di vista dello stato trofico né della balneabilità: gli apporti di fosforo al lago sono inferiori al carico ammissibile grazie alla diversione degli scarichi urbani realizzata negli anni '80 e di conseguenza le condizioni trofiche del lago risultano ottimali e tutte le spiagge campionate risultano balneabili. Va però tenuto sotto costante osservazione il corretto smaltimento dei reflui dei campeggi presenti nella parte terminale del lago. (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

- 2) Il chimismo del lago risulta, per le sue caratteristiche morfologiche e idrologiche, particolarmente influenzabile dalle precipitazioni atmosferiche, come dimostra il netto incremento delle concentrazioni di composti azotati nelle acque del lago (Calderoni & Marchetto, 1998).
- 3) A causa del ridotto dislivello (50-60 cm) esistente tra il Mergozzo e il Lago Maggiore, in corrispondenza di copiose precipitazioni, le acque del Verbano possono riversarsi nel lago attraverso il canale di Mergozzo e se i fenomeni di esondazione risultano prolungati, il rischio di ingresso di nutrienti ed eventuali apporti di inquinanti del Verbano e dal Canale di Mergozzo al lago è elevato (Calderoni & Marchetto, 1998). Prova diretta ne è la contaminazione da DDT dei coregoni catturati nel Mergozzo (Calderoni et al, 1996).

Programma di misure

(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

- 1) Non vengono proposte misure di risanamento dirette per il Lago di Mergozzo poiché lo stesso non è soggetto a criticità costanti e persistenti.
- 2) Le criticità rilevate risultano essere potenziali o occasionali e pertanto è necessario attuare misure che approfondiscano le conoscenze sulle risposte dei comparti biologici alle diverse condizioni idrologiche.
- 3) Considerando che in particolari condizioni meteorologiche il lago può ricevere i reflussi del suo emissario, è necessario procedere ad un'azione di risanamento del territorio che incida direttamente sullo stato ambientale e sanitario del Canale di Mergozzo, allo scopo di migliorare ulteriormente le condizioni ambientali del lago stesso e dell'area umida di Fondotoce. In quest'ottica rientra il progetto di prolungare, fino alla testa del Canale di Mergozzo, la condotta che corre lungo il canale stesso proveniente dal Lago Maggiore, per poi pomparvi acqua del Lago Maggiore durante i periodi di magra o asciutta; ciò migliorerebbe le condizioni igienico-sanitarie nel canale evitando lo sviluppo di marciumi e odori vari.
- 4) Risultando il lago in buone condizioni ed essendo stato individuato un ipotetico obiettivo di qualità ambientale superiore (Ottimo) si rende necessario dissuadere dall'intraprendere qualsiasi azione che possa modificare le qualità chimico-fisiche delle acque nonché il regime idrologico, come possono essere le opere di diversione di acqua verso il lago, derivanti da altri bacini idrografici con diverse caratteristiche geologiche, utilizzate per la produzione idroelettrica.

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Nel Lago di Mergozzo la raccolta dei campioni per l'analisi della granulometria è stata affiancata a quella per l'analisi biologica. Anche in questo lago è stato eseguito un solo transetto, viste le dimensioni della sua superficie. Attualmente è stato effettuato solamente il campionamento primaverile.

In questo lago, il campionamento ha presentato notevoli difficoltà. Innanzitutto, data la sua notevole profondità massima (ca. 70 m), non è stato possibile utilizzare la draga manualmente, ma si è dovuto prevedere l'uso di un argano a motore. Per supportare un tale tipo di argano è stato necessario avere un'imbarcazione adeguata, anch'essa a motore. Sul lago, però, non è previsto l'uso di imbarcazioni a motore; si sono quindi dovute fare specifiche richieste.

Inoltre, le sponde orientale ed occidentale della conca lacustre sono molto ripide; infatti, la prima è costituita da roccia, mentre la seconda corre lungo una strada provinciale scendendo a picco verso la massima profondità. In entrambi i casi l'uso di una draga risulta inefficace perché, una volta arrivata sul fondo, rotola e non si chiude.

Un altro problema che ha ostacolato notevolmente il campionamento è rappresentato dalla presenza di grossi massi nella zona litorale e sublitorale, disseminati sul fondo del lago, che impediscono, anche in questo caso, la chiusura della draga.

Per questi motivi si è scelto di campionare la zona meno esposta a tali problematiche, quindi meno pendente e situata nei pressi dell'emissario. Nel lago è stato possibile riconoscere tutte e tre le fasce batimetriche (litorale, sub-litorale e profonda) (Tab. 3.2.7).

Tab. 3.2.7 - Stazioni profondità e coordinate dei punti per l'analisi granulometrica, biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	5	459608	5089405	45	57	25,31	8	28	43,54
	T1 St. 1	12	459355	5089032	45	57	13,18	8	28	31,92
	T1 St. 2	73	458309	5089254	45	57	20,13	8	27	43,25

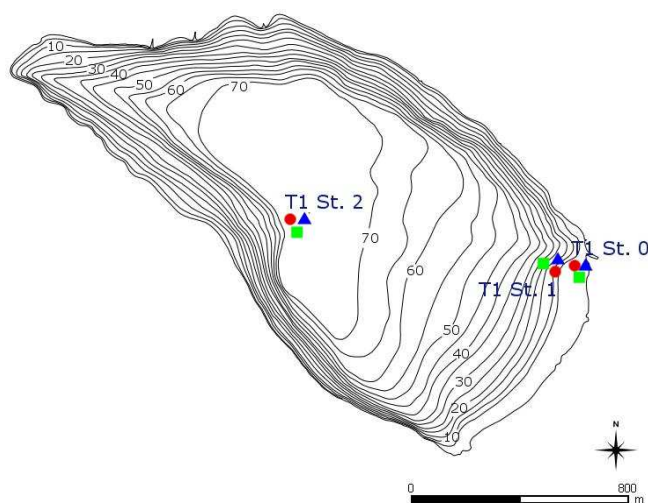


Fig. 3.2.3 - Carta batimetrica e stazioni per l'analisi granulometrica (▲), biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago di Mergozzo è stato campionato il 7 Febbraio, il 4 Aprile, il 23 Maggio ed il 18 Luglio. La stazione di prelievo è quella corrispondente al punto di massima profondità (Fig. 3.2.4). Non si segnalano particolari criticità di tipo logistico.

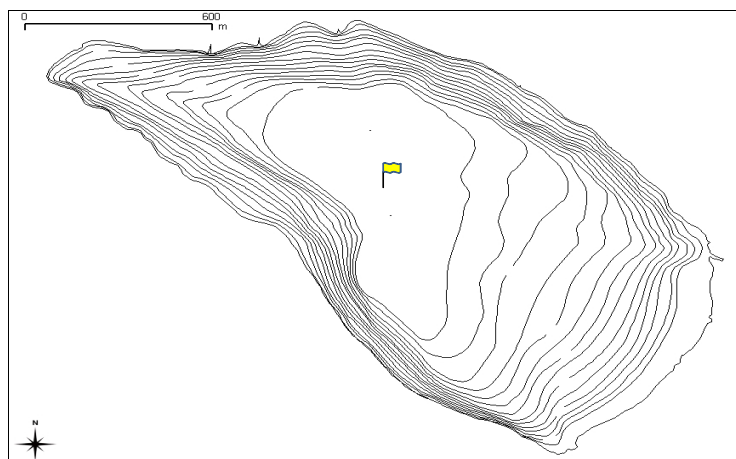


Fig. 3.2.4 - Batimetria del Lago di Mergozzo. La bandierina gialla indica la posizione della stazione di campionamento per il fitoplancton e l'idrochimica.

In questo lago, la raccolta dei campioni per le analisi chimiche è stata effettuata contemporaneamente alla raccolta dei campioni biologici, e le analisi sono state eseguite da CNR-ISE.

Macrofite strategie di campionamento e difficoltà

Il lago di Mergozzo è stato campionato nel luglio del 2010, in questa occasione si è riscontrata la totale assenza di piante acquatiche lungo l'intero habitat litorale del lago. Questa circostanza, alquanto anomala e allarmante, contrasta con le informazioni pregresse presenti sul lago. Il bacino lacustre è stato monitorato per qualche anno dall'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi. Proprio per gli anni 2008 e 2009 (Galanti e Oggioni, osservazioni personali) esistono osservazioni dirette di presenza di alcune specie macrofite in diversi punti del lago, e di cui la specie più abbondante era sicuramente il *Myriophyllum spicatum*.

Questa scomparsa segue quella che si è avuta nell'attiguo e comunicante Bacino Borromeo, dove a partire dal 1996 si è riscontrata la quasi totale scomparsa di piante acquatiche lungo la zona litorale.

La presenza di piante acquatiche nel passato indica come siano presenti nel Lago di Mergozzo le condizioni e gli habitat idonei alla crescita di queste, almeno dal punto di vista morfologico e morfometrico. Le condizioni chimiche delle acque e soprattutto del sedimento possono essere però, in questi ultimi 2 anni, cambiati.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica è stato effettuato ad ottobre 2010.

Il campionamento ha richiesto l'intera settimana con alcune giornate lavorative di dodici ore, dato il notevole numero di reti impiegate, l'organizzazione del campionamento ha seguito lo schema riportato in tabella 3.1.3.

Benché il popolamento ittico si trovi ancora in buono stato, vi sono però, ancor più che in passato, alcune criticità che meritano di essere sottolineate. Altrettanto importante è definire, per alcune di esse, soluzioni concrete ed attuabili.

La prima tra tutte è relativa alle tensioni dovute alla competizione per le risorse alimentari e gli habitat tra le molte specie presenti. Questo si evidenzia in misura particolarmente evidente nella zona litorale.

La seconda, strettamente legata alla prima, è data dalla presenza di specie alloctone di recente comparsa (esempio: *Gymnocephalus cernuus* (acerina) e *Rutilus rutilus* (gardon)), conosciute per le loro caratteristiche di adattabilità e plasticità. Per queste specie sono necessarie opportune azioni di contenimento.

La terza criticità è relativa alla pressione di pesca, che in particolare per il coregone lavarello è particolarmente elevata, a causa delle poche misure di tutela, inadeguate, rispetto alle caratteristiche biologiche di questa specie. E' necessario rivedere le norme gestionali per la fauna ittica di questo lago alla luce delle caratteristiche biologiche ed ecologiche delle specie presenti.

La quarta criticità è l'assenza di alcune specie, potenzialmente migratrici, fino a pochi anni fa ancora presenti naturalmente (es. pigo, savetta, trota); la causa di questa assenza è probabilmente da imputare alla presenza di una briglia quasi invalicabile sul canale di collegamento con il Lago Maggiore.

Ripensare e ripristinare una corretta pervietà tra i due laghi è una azione fondamentale per migliorare lo stato della fauna ittica.

Infine, la quinta ed ultima criticità è relativa alle caratteristiche della fascia litorale ed in particolare delle aree vegetate (canneto e piante acquatiche sommerse), a rischio di scomparsa. Trattandosi di una tipologia di habitat fondamentale per moltissime specie ittiche è necessario che venga conservata e, e, dove possibile, incrementata.



Fig. 3.2.5 - Esemplare di acerina (*Gymnocephalus cernuus*) rinvenuto nel lago di Mergozzo.

Nella figura 3.2.6 è riportata la posizione delle reti per il campionamento della fauna ittica. La loro posizione viene presa durante il campionamento ed elaborata successivamente in

fase di “scarico dati”. Quindi la posizione delle reti è visibile solo dopo il campionamento, dopo l’elaborazione dei dati raccolto.

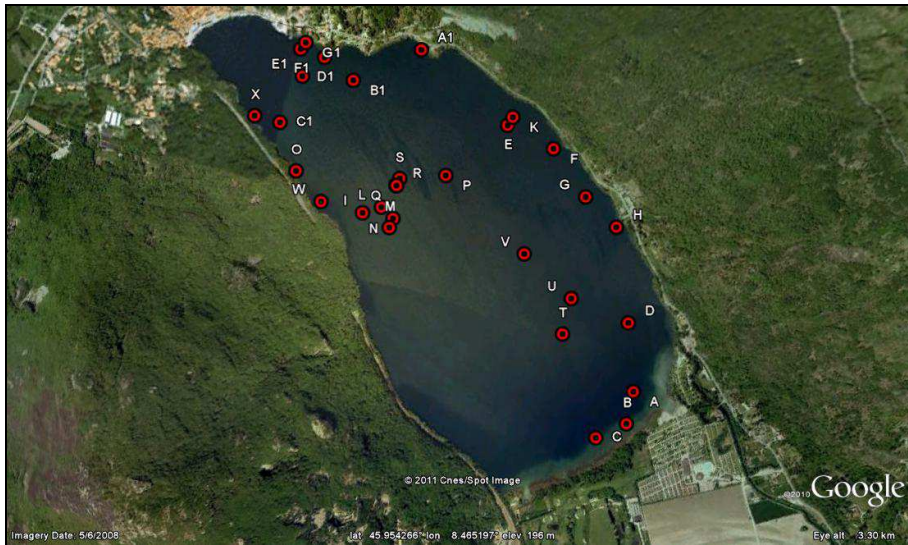


Fig. 3.2.6 - Disposizione delle reti nel lago di Mergozzo. Una volta posata, ogni rete viene georeferenziata mediante GPS.

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

Il Lago di Mergozzo è stato indagato il 9 settembre 2010, insieme al Lago Maggiore e al Lago d’Orta, in fase preparatoria. E’ stato molto importante verificare l’applicabilità del metodo su laghi grandi e profondi come il Lago Maggiore e come il Lago d’Orta, dove si sono effettuati rispettivamente 40 e 20 punti di osservazione (hab-plots); tali indagini preliminari hanno permesso di verificare la correttezza e completezza delle voci presenti all’interno della scheda di campo, per una taratura e aderenza del metodo alle caratteristiche idromorfologiche e di impatti dei laghi italiani.

Per il Lago di Mergozzo i punti di indagine sono stati 10, come da protocollo, disposti secondo quanto riportato in figura 3.2.5. La scheda di campo è stata compilata completamente e non si sono rilevate difficoltà o problemi durante l’indagine.

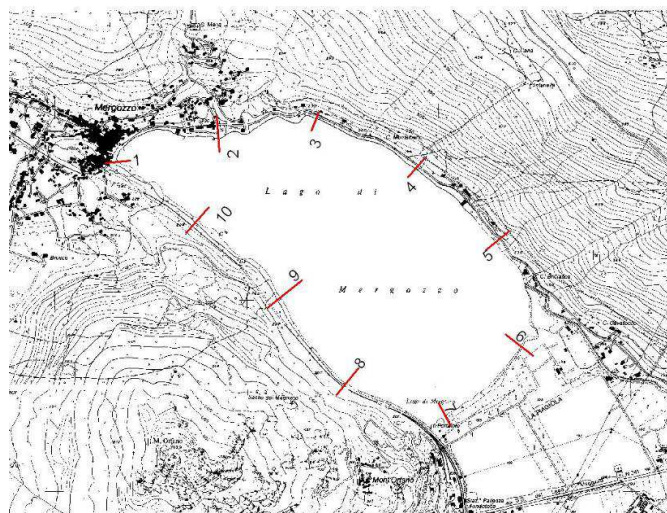


Fig. 3.2.5 – Punti di applicazione del metodo LHS.

I punti di applicazione sono indicati in figura 3.2.5 con la linea rossa e sono stati numerati per poter ritrovare sul posto la loro posizione attraverso uno strumento GPS. Nella tabella 3.2.8 si riportano le coordinate dei punti di indagine.

Tab. 3.2.8 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey

ID	X_COORD	Y_COORD
1	457303,68105	5089708,03051
2	457825,17202	5089851,44052
3	458329,71454	5089919,23435
4	458856,42042	5089675,43732
5	459278,82811	5089293,44518
6	459392,25240	5088747,18339
7	459002,43790	5088383,44343
8	458496,59165	5088555,53545
9	458171,96352	5089014,44751
10	457715,65892	5089401,65456

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 4-5). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 3.2.

Per quanto riguarda il Lago di Mergozzo si sono individuati alcuni impatti di tipo turistico-ricreativo per la presenza di un campeggio e di una zona balneare molto frequentata. La presenza di una parte del centro abitato di Mergozzo a ridosso del lago, ha causato un'artificializzazione di un certo tratto di sponda in direzione nord-ovest. La sponda a nord-ovest- sud, è completamente naturale con presenza di substrato roccioso e sassi/massi nella zona litorale e bosco nella zona riparia. La sponda sud-ovest-nord è a tratti naturale e a tratti soggetta a impatti turistico-ricreativi; la strada principale costeggia il lago lungo quest'ultimo lato, entro 50 m dalla riva.

3.3 LAGO SIRIO

Inquadramento geografico e morfometria

Il Lago Sirio è situato in territorio piemontese, in provincia di Torino, allo sbocco della Valle d'Aosta, vicino alla città di Ivrea. Si trova all'interno dei territori comunali dei Comuni di Chiaverano e Ivrea, nella parte Nord dell'Anfiteatro morenico d'Ivrea, sul versante orografico sinistro del bacino idrografico della Dora Baltea. Si situa all'interno del territorio denominato Canavese Orientale. Nella figura 3.3.1 si riporta l'estratto della CTR 1: 10'000 dove è posizionato il lago, il foglio di riferimento è il n° 114110 e la foto aerea del lago. Il Lago Sirio è di origine glaciale, ed è inserito in una conca naturale circondata da modesti rilievi collinari, la punta massima dei quali raggiunge i 406 m s.l.m e la cui quota media è di 290 m s.l.m.. Ha una superficie di 0,29 km² ed è situato ad una quota media di 266 m s.l.m.. E' caratterizzato da una elevata profondità massima, 43 m, in relazione alle sue dimensioni, come anche la sua profondità media pari a 18 m, risulta piuttosto elevata. Il suo bacino imbrifero misura 1,4 km².

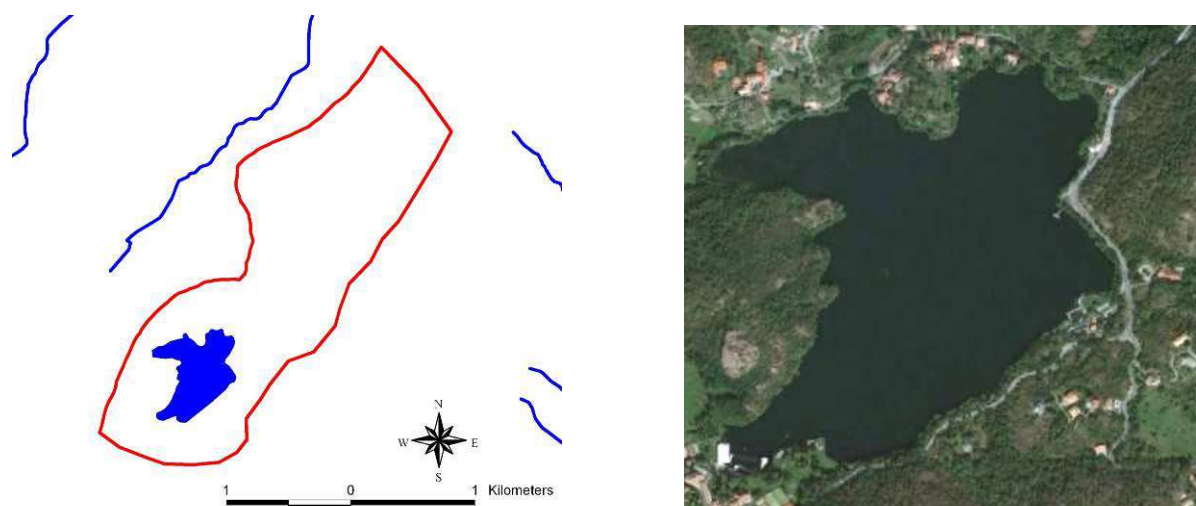


Fig. 3.3.1 – Lago Sirio e suo bacino imbrifero. CTR 1: 10'000. e foto aerea. La foto aerea è stata scaricata da GoogleEarth.

Non esistono immissari in superficie e si presume che vi siano delle sorgenti subacquee che lo alimentano (PTA regione Piemonte, allegato tecnico, 2004). Il bacino lacustre del Lago Sirio ha una forma irregolare con una leggera impostazione ellissoidale (Fig. 3.3.1), il cui asse maggiore è disposto NE-SW. Quest'ultimo è lungo circa 4,5 km mentre l'asse minore, valutato perpendicolarmente al precedente, ha una lunghezza compresa tra 300 m e 1 km. La batimetria del lago rivela un fondale con una depressione molto profonda, anch'essa di forma ellittica allungata NE-SW. Analogamente al lago Sirio, anche gli altri laghi circostanti presentano una forte caratterizzazione direzionale.

La batimetria del lago è abbastanza complessa e non presenta le caratteristiche tipiche di un lago di origine glaciale. La variazione della profondità del Lago Sirio è stata oggetto di uno studio effettuato nel 1998 (Calderaro, 1998). L'andamento del fondale del bacino lacustre è irregolare e presenta una struttura ad imbuto molto ristretta, con un aumento improvviso di profondità fino a 46 m.

Il Lago Sirio è il più grande dei cinque laghi di Ivrea, (gli altri sono: il Lago Nero, il Lago Pistono, il Lago di Campagna e il Lago San Michele) posizionati all'interno di una'area geologica e naturalistica particolare. L'intero bacino imbrifero del lago è sottoposto a vincolo paesaggistico ambientale, ex legge 1497/1939 e successivo decreto D.M. 04.02.1952, ed è inserito dalla regione Piemonte tra le zone di interesse ambientale ai sensi della D.G.R. 46 –2495 del 19 marzo 2001; infatti risulta essere, insieme ai laghi di Ivrea un Sito di Interesse Comunitario (SIC).

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

L'area in cui è inserito il Lago Sirio è interessata da due grandi linee tettoniche sub-parallele all'arco alpino: la prima separa le granuliti di età paleozoica (zona di Ivrea) e di alto grado metamorfico dalle più recenti rappresentate da un basamento cristallino metamorfico paleozoico con intrusioni di graniti e dioriti sulla quale poggia una copertura formata da carbonati, argilliti, arenarie e vulcaniti; la seconda linea separa la zona del canavese dalla zona Sesia-Lanzo, quest'ultima caratterizzata da micascisti, gneis minuti, gneis occhiadini e gneis eclogistici.

L'area dei cinque laghi, in cui è inserito il Lago Sirio, è quindi situata a cavallo tra due domini differenti, il Dominio Sudalpino e quello Austroalpino, separati dal piano tettonico conosciuto come Linea del Canavese (LC). La Linea del Canavese è considerata come prolungamento della Linea Insubrica a SW. L'età e le condizioni di deformazione della LC variano lungo la traccia della faglia (Zigg & Hunziker, 1990). Nella zona dei cinque laghi, la Linea del Canavese (direzione NE-SW) si divide tettonicamente in due piani paralleli tra loro: la Linea del Canavese Esterna (presso Biò) e la Linea del Canavese Interna (presso Montalto Dora). Nell'area compresa tra le due linee affiora un complesso che prende il nome di Zona del Canavese, formato da rocce sedimentarie, vulcaniche, plutoniche e metamorfiche fortemente deformate. A SE della Linea del Canavese Interna troviamo il Dominio Sudalpino che qui è rappresentato dalla zona Ivrea-Verbanò, un antico basamento cristallino con caratteri metamorfici prealpini. A NW della Linea del Canavese Esterna troviamo invece il Dominio Austroalpino, qui rappresentato dall'Unità Sesia-Lanzo, altro basamento cristallino che è stato profondamente coinvolto nell'orogenesi alpina, della quale conserva il metamorfismo di grado medio-basso.

Il bacino del Lago Sirio si colloca interamente nella Zona Ivrea-Verbanò e si pone nella parte più a nord dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea (Figura 3.3.2).

La zona Ivrea-Verbanò si estende in direzione SW-NE per oltre 200 km, da Ivrea a Locarno. In questa zona si trovano generalmente granuliti basiche e anfiboliti che corrispondono a rocce originarie a chimismo gabbro-dioritico e metapeliti costituite da paragneiss a sillimanite in facies granulitica (kinzigiti) o anfibolitica (stronaliti), con delle intercalazioni lenticolari dioriti che e livelli di marmi. Perciò l'Unità Ivrea-Verbanò è nota anche con il nome di Zona Diorito-Kinzigitica.

Nei dintorni di Ivrea ed in particolare dove si trova il Lago Sirio, il substrato è spesso affiorante e costituito principalmente da granuliti di colore grigio verdastro. Il bacino imbrifero del lago Sirio è costituito interamente da rocce granulitiche a composizione variabile da basica ad acida (Belluso, 1984 e Franchi, 2003).

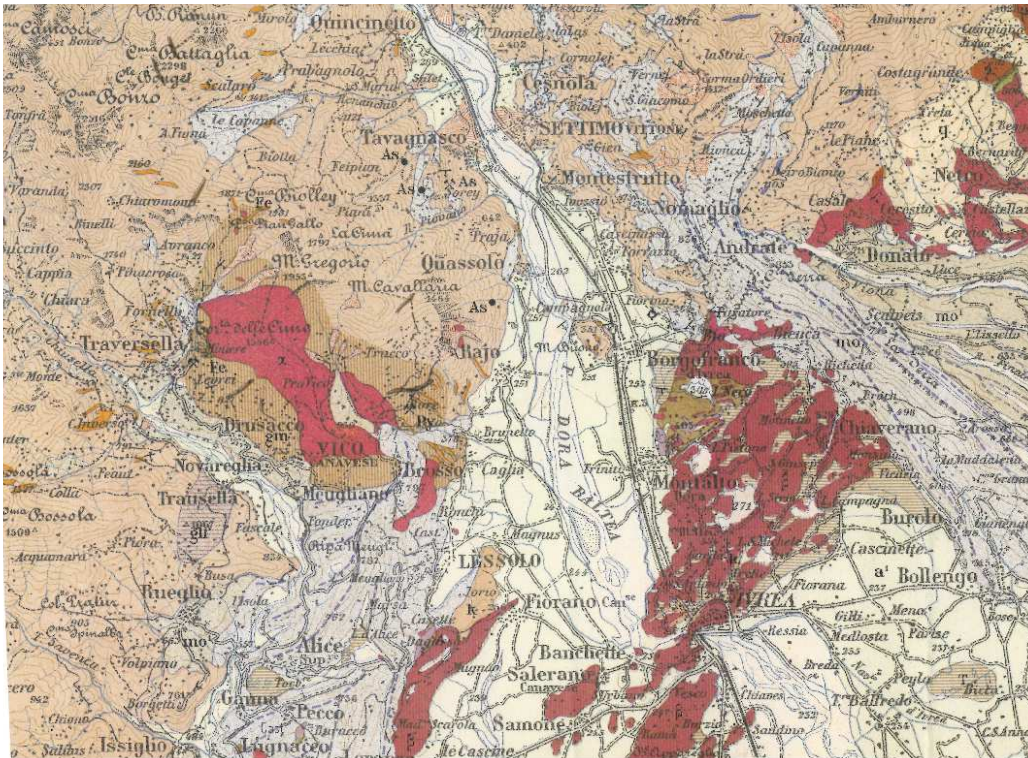


Fig. 3.3.2 – Estratto del foglio 42 della Carta geologica d'Italia 1:100'000. Zona rosso scuro = Dioriti melanocratiche e noriti anfiboliche, anfiboli che-pirosseniche, granatifere, con lenti e zone di sfnaliti (Donato, Netro); Zona rosso chiaro = Dioriti biotiti che associate e sfumanti nelle precedenti, a luoghi intensamente laminate (Borgofranco, Donato); Zona marrone scuro = scisti vari colori argillosi e marnosi, talora con straterelli e lenti di calacre grigio e nero (Levone, Issiglio, Montalto Dora, Lago Pistono), talora anche sericitici, con noduli di selce, flaniti e diaspri, arenarie rosse e nere (Rivara, Vidracco) con anageniti e puddinghe (Lago Nero); Zona marrone chiaro = Gneiss biotitici, andalustici dell'aureola di contatto della diorite (Traversella, Brosso), giacimenti di ferro di Traversella (con graniti, pirosseniti, serpentina, talco, dolomite); Zona arancione = Calcari cristallini, calcari micacei e calcefiri (Ponte Canavese, Traversella, Brosso, Quincinetto, Fontainemore), strolaliti con grafite (Vasero e Monte Cialmera), kizingiti e gneiss sillimanitici; Zona grigia = Morene wurmiane, postwurmiane e recenti, cordoni morenici principali dell'anfiteatro di Ivrea; Zona verde acqua = Alluviono terrazzate e alluvioni terrazzate della fase lacustre dell'anfiteatro di Ivrea.

Tale composizione del bacino imbrifero che ospita il lago rappresenta uno dei fattori principali che influenzano il chimismo delle acque lacustri e dei sedimenti, soprattutto per effetto del dilavamento delle rocce e dello scambio roccia-acqua.

Per quanto riguarda l'uso del suolo all'interno del bacino imbrifero del Lago Sirio, si può fare riferimento alla definizione del Corine Land Cover 2000 al 3° livello, riportato in figura 3.3.3 e in tabella 3.3.1 sono riportate le categorie di uso del suolo presenti nel bacino imbrifero del lago.

La maggior parte del bacino pari al 43,2% è costituita da zone agricole eterogenee, seguono le zone boscate con il 19,8% e le zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea con il 18,9%. Da segnalare anche un 18,3% comprensivo di corsi d'acqua, canali e idrovie e specchi d'acqua.

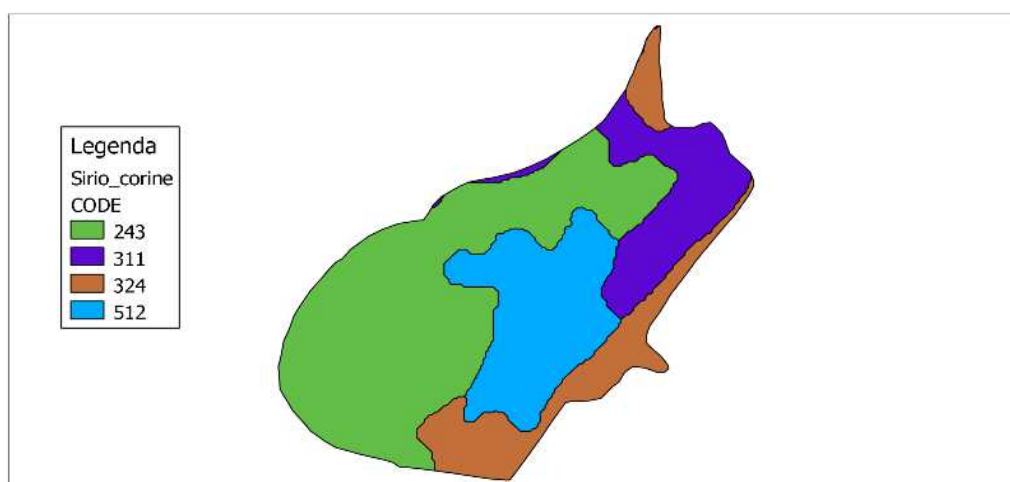


Fig. 3.3.3 – Uso del suolo da Corine Land Cover per il bacino del Lago Sirio.

Tab. 3.3.1 - Descrizione delle categorie di uso del suolo.

Codice legenda Corine	Descrizione
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
311	Boschi di latifoglie
324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
512	Bacini d'acqua

Caratterizzazione geomorfologica del bacino drenante e idrologia

La zona dei cinque laghi si trova all'interno del settore nord occidentale della depressione dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea, nella zona ad ovest del suo cordone morenico principale, noto come "La Serra". Secondo una teoria sviluppata agli inizi del 1900 (Sacco, 1928 e Marco, 1892), i laghetti presenti nell'Anfiteatro avrebbero avuto origine, verso la fine del Pleistocene, in seguito al ritiro definitivo del ghiacciaio. In questo periodo, chiamato "era lacustre", l'Anfiteatro venne colmato dalle acque fluviali e fluvioglaciali prodotte dallo scioglimento del ghiacciaio balteo, trasformandosi in un unico grande lago, denominato "Lago di Ivrea". Tale bacino, alimentato dalla Dora Baltea e dal Torrente Chiusella, avrebbe avuto una superficie di circa 200 km², una forma squadrata ed una profondità di circa 300 m. Durante la prima metà dell'Olocene, il lago cominciò ad abbassarsi, fino al suo completo ritiro, divenendo un grande bassopiano e lasciando numerosi laghi intramorenici alimentati dalle sole precipitazioni.

Attualmente tale ipotesi è da considerarsi superata, in quanto si valuta più attendibile un'origine dei laghi legata al riempimento da parte delle acque fluviali, sotterranee e pluviali, delle numerose depressioni lasciate dal ghiacciaio, dopo il suo ritiro. A causa della scarsa permeabilità del substrato ebbero così origine piccoli bacini lacustri. Molti di questi laghetti, con il passare del tempo, hanno iniziato un lento ma inesorabile processo di interrimento causato dal progressivo accumulo di materiali trasportati dalle acque

ruscellanti: ciò ha permesso lo sviluppo di paludi e torbiere e, a volte, si è arrivati alla completa scomparsa dello specchio d'acqua.

I cinque laghi dell'eporediese raccolgono le acque provenienti dalle aree circostanti in depressioni, o conche, di origine glaciale, derivate dall'azione scavante dei ghiacciai scesi nei solchi vallivi. I bacini più grandi, alimentati da risorgive, acqua piovane e corsi d'acqua minori, sono riusciti a conservarsi.

Il Lago Sirio è uno dei maggiori laghi dell'Anfiteatro morenico di Ivrea, non è alimentato da nessun corso d'acqua, se non da acque piovane e di falda. Nella zona a SE del lago vi è uno scaricatore artificiale, emissario del lago, la cui acque finiscono direttamente nel lago Campagna, situato a circa 2 km più a est e a una quota di 236 m s.l.m. Ad eccezione dei periodi molto piovosi, le portate del canale scolmatore, sono molto modeste.



Lago Sirio



Lago Sirio e bacino

La presenza di numerose torbiere permette l'accumulo di forti volumi d'acqua nei periodi piovosi, che vengono poi rilasciati verso valle con notevole lentezza rispetto ai normali meccanismi di ruscellamento; queste aree svolgono quindi un'importante funzione regolatrice dei deflussi idrici.

Il flusso sotterraneo si sviluppa al contatto tra la copertura eluvio-colluviale ed il substrato, e all'interno delle fratture presenti nel substrato cristallino sul quale il lago poggia direttamente (Mori, 1994). Si tratta quindi di un volume d'acqua notevole, se paragonato a quello superficiale. Poiché il ricambio idrico del lago avviene principalmente per via sotterranea e non vi è presenza di immissari, considerando anche la profondità del lago, si ha, nel tempo, una certa stabilità idrologica e chimico-fisica delle acque: in connessione a tali caratteristiche è da sottolineare la presenza e proliferazione della medusa *Craspedacusta sowerbyi* Lankaster. È stata rinvenuta nel lago, l'ultima volta nel 1993. Tale ritrovamento è da considerarsi eccezionale in quanto questa medusa si trova in pochi altri laghi italiani (Lago di Viverone, lago Nero, laghi di Suviana e nell'Appennino Emiliano) e svizzeri (Lago di Bolla) (Badino, 1972).

Lo studio dell'idrologia superficiale ha permesso di evidenziare un particolare allineamento del lago Sirio con le torbiere circostanti in direzione NE-SW, parallelamente alla Linea del Canavese (Linea Insubrica). La circolazione delle acque nel substrato roccioso, costituito prevalentemente da rocce cristalline, è fortemente influenzato dalla presenza di fratture. Le torbiere sono allineate sia con i laghi maggiori, sia con quelli di entità minore, lungo assi diretti NE-SW, NNW-SSE ed E_W, coincidenti con le direzioni dei principali lineamenti e sistemi di fatturazione (Franchi, 2003). Le torbiere prediligono generalmente una forma allungata piuttosto che tondeggianti, proprio come i laghi Sirio, Pistono e Campagna.

Caratterizzazione socio-economica

Il lago, di origine morenica, è immerso nelle verdi colline ai piedi della serra d'Ivrea ed appartiene alla Comunità Montana Dora Baltea Canavese. Esso ricade amministrativamente nei comuni di Ivrea e Chiaverano, quest'ultimo situato al suo confine e la cui popolazione ammonta a 2.198 abitanti, in leggera diminuzione rispetto al precedente censimento. Poco distante da Ivrea stessa, il lago Sirio è uno dei laghi più frequentati della zona, grazie alla posizione ed al contorno paesaggistico che lo rendono interessante. Poche case lo circondano ed è stato creato un centro sub. La ricettività turistica non risulta rilevante anche se sono presenti locali di ristoro lungo le sponde, un campeggio, due hotel, un agriturismo ed ampi spazi per la balneazione. Circondato da un ontaneto, lo specchio lacustre costituisce un habitat ideale per numerose specie vegetali ed animali tipiche degli ambienti acquatici.

(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).



Lago Sirio, area verde della “Spiaggetta”



Lago Sirio, strutture ricreative della “Spiaggetta”



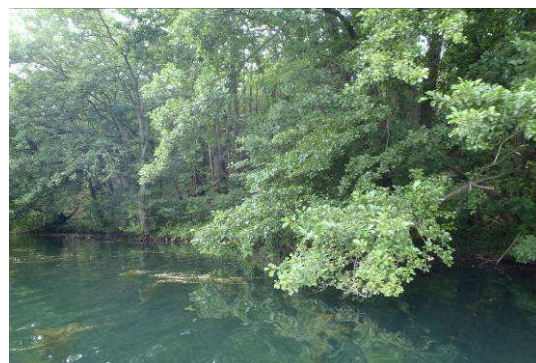
Lago Sirio, prelievo dal lago



Lago Sirio, area ricreativa



Lago Sirio, sentiero naturalistico



Lago Sirio, particolare di vegetazione spondale



Lago Sirio, particolare vegetazione acquatica



Lago Sirio zona turistico-ricreativa

Assai scarse sono le attività industriali e non si registrano nuove attività produttive. Oltre alle attività legate alla forestazione, alla viticoltura ed all'artigianato, Chiaverano promuove attività culturali e di conservazione delle tradizioni locali. Vari sono i monumenti di interesse artistico, tra i quali è stato istituito un piccolo museo.

Non sono presenti prelievi dal lago e non è censito ad oggi nessun prelievi né sul bacino drenante nel sul lago stesso.

Nelle seguenti tabelle 3.3.2 -3.3.8, tratte dal sito http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi si riportano schematicamente le principali sorgenti di carico e la relativa entità, sia per il fosforo che per l'azoto.

La rete fognaria del Lago Sirio è collettata al depuratore di Ivrea est, che recapita gli scarichi depurati direttamente nel Fiume Dora Baltea; le case sparse rivierasche, non raggiunte dalla fognatura, possiedono sistemi di smaltimento dei reflui costituiti da fosse settiche.

Tab 3.3.2 - Scarichi al lago da rete fognaria.

Popolazione insediata sul bacino drenante	Popolazione totale collettata		Popolazione totale trattata				Popolazione non collettata
	[abitanti]	[abitanti]	% su popolazione insediata	N° impianti presenti nell'area afferente al lago	N° impianti che trattano gli abitanti insediati nel bacino afferente al lago [non appartenenti alle aree drenanti]	[abitanti]	
765	734	96%	0	3 [4]	734	96%	31

Tab. 3.3.3 - Stima dei carichi di origine civile non trattati.

	Stima dei carichi in uscita[t/a]			
	BOD5	COD	Ptot	Ntot
Carichi non trattati ma collettati con recapito in acque superficiali	0,0	0,0	0,0	0,0
Carichi non trattati ma collettati con recapito su suolo	0,0	0,0	0,00	0,0
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito in acque superficiali	0,2	0,4	0,01	0,0
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito su suolo	0,5	1,0	0,01	0,1
Totale	0,7	1,5	0,02	0,1

Tab. 3.3.4 - Scarichi da insediamenti produttivi diretti al lago potenzialmente impattanti su di esso.

Origine scarico (prevalente)	N° scarichi produttivi
Raffreddamento	3
DN05 Pesca, piscicoltura e sevizi connessi	1
DN25 Fabbriche articoli in gomma e materie Plastiche	1
DN66	1
Totale bacino	6

Tab. 3.3.5 - Stima dei carichi di origine produttiva.

	N° addetti all'industria sul bacino	volumi totali annui scaricati [Mm3]	Stima carico effettivo			
			[t/a]			
			P _{tot}	N _{tot}	COD	BOD5
Totale bacino	2	0,00	0,00	0,0	0,3	0,1

Tab. 3.3.6 - Stima degli apporti al lago da sorgenti diffuse di inquinamento.

Azoto	Carichi potenziali	Carichi effettivi runoff *	Carichi diretti al lago
	[t/anno]	[t/anno]	[t/anno]
Agricoltura	3,71	--	--
Zootecnia	0,77	--	--
Apporto meteorico	3,11	--	0,68
Totali	7,59	1,01	0,68

Fosforo	Carichi potenziali	Carichi effettivi runoff *	Carichi diretti al lago
	[t/anno]	[t/anno]	[t/anno]
Agricoltura	0,47	--	--
Zootecnia	0,34	--	--
Apporto meteorico	0,02	--	0,005
Totali	0,83	0,10	0,005

* la stima dei carichi effettivi da run-off deriva da metodologia applicata a scala regionale

Tab. 3.3.7 - Stima dei carichi totali afferenti al lago da scarichi puntuali e inquinamento diffuso.

Origine puntuale	Origine diffusa		Origine diffusa	Origine diffusa	
	P	N		P	N
	[t/a]	[t/a]		[t/a]	[t/a]
Scarichi fognari trattati	0,00	0,00	Agricola	--	--
Scarichi non trattati	0,01	0,04	Zootecnia	--	--
Scarichi diretti da insediamenti produttivi	0,00	0,01	Meteorica	--	--
Totale origine puntuale	0,01	0,05	Totale origine diffusa	0,10	1,69

Tab. 3.3.8 - Carico totale dei nutrienti afferenti al lago (origine puntuale + origine diffusa).

	P [t/a]	N [t/a]
Carico annuo totale	0,11	1,73
Carico massimo ammissibile teorico	0,115*	n.d
Fattore limitante i processi di eutrofizzazione	Fosforo > azoto	

* valore di riferimento per laghi mesotrofi, metodo OECD (Gaggino et al, 1987)

Trend evolutivo dello stato trofico del lago

Lo stato trofico del Lago Sirio nei secoli passati era con buona probabilità inferiore a quello prevedibile in base alle misure attuali di carico di fosforo in quanto le crescite algali erano limitate dalla concentrazione di azoto. Tuttavia la crescita delle concentrazioni di azoto nelle acque lacustri, in conseguenza dell'incremento dei suoi apporti dalle acque meteoriche e dalle attività antropiche insistenti sul bacino, ha reso il fosforo l'elemento limitante. Negli anni '80 il lago veniva classificato come mesotrofo o meso-eutrofo. La situazione è leggermente migliorata per l'eliminazione di scarichi diretti al lago e per la diminuzione delle attività agricole nel bacino imbrifero, ma il lago è tuttora in uno stato di meso-eutrofia sostenuta anche dal carico interno di fosforo. Dai valori di fosforo totale riscontrati durante i rilevamenti nel 1980 si osserva già come vi siano concentrazioni piuttosto elevate lungo tutta la colonna d'acqua (38 µg P/l superficie - 71 µg P/l fondo) durante il periodo di circolazione invernale; durante il periodo di stratificazione termica tali concentrazioni subiscono brusche variazioni aumentando notevolmente sul fondo (268 µg P/l) e diminuendo in superficie (10 µg P/l). La situazione è leggermente migliorata per le ragioni precedentemente esposte, ma tale miglioramento è fortemente rallentato per la produzione endogena di fosforo dai sedimenti lacustri e il relativamente alto tempo di ricambio (5,7 anni). Attualmente dalle indagini A.R.P.A. 2001-2002 si ricava una concentrazione media di fosforo totale pari a 53 µg P/l (su oltre 280 campioni analizzati), indice di uno stato di eutrofia, ben superiore al valore calcolato alla naturalità (MEI) pari a 13 µg P/l. In ogni caso gli apporti totali del fosforo da sorgenti puntuali e diffusi 180 Kg/a sono dello stesso ordine del carico massimo ammissibile teorico (115 kg/a) calcolato secondo OCDE (1982).

Analisi delle criticità/problematiche quali-quantitative in relazione allo stato del lago

- 1) Gli apporti antropici a lago sono ridotti significativamente dalla presenza del collettore fognario del depuratore di Ivrea est, che recapita i reflui depurati al Fiume Dora Baltea. Le rimanenti abitazioni sparse rivierasche sono in massima parte dotate di fosse settiche e quindi i carichi puntuali stimati sono da ritenersi teorici, mentre si può supporre che quelli reali siano nettamente inferiori. Gli apporti di nutrienti derivano dunque esclusivamente dal dilavamento del bacino imbrifero e dalle precipitazioni (carico meteorico). Relativamente allo stato trofico, il lago risulta mesoeutrofico, con elevate concentrazioni di fosforo accumulato a seguito della presenza di scarichi civili e attività agricole negli anni passati; attualmente sembra che la concentrazione di fosforo sia stabile nel tempo, nonostante la netta riduzione degli apporti di nutrienti. Tale fenomeno è principalmente imputabile ad una produzione endogena di fosforo dai sedimenti e al tempo di ricambio relativamente lungo (ARPA rapporto sullo stato ambientale 2000; dati Arpa 2001-2002; Calderoni e Marchetto, 1998). I carichi attuali in ingresso risultano molto prossimi ai carichi ammissibili secondo OECD (1982). Data l'assenza di un processo migliorativo correlabile alle cause sopra descritte, il carico afferente al corpo idrico fa ritenere poco probabile il ritorno alle condizioni naturali di mesotrofia. Le condizioni storiche di trofia del lago non sono conosciute. Attualmente non sono disponibili misure del carico interno dei nutrienti, in special modo del carico endogeno di fosforo del lago, indispensabile per valutare i tempi di recupero; non sono altresì disponibili studi idrologici basati su dati sperimentali, necessari per la valutazione di un attendibile tempo di ricambio.

- 2) Per quanto riguarda gli aspetti legati alla balneabilità delle acque lacustri, le cinque località monitorate sono risultate, negli ultimi anni, sempre idonee alla balneazione, mentre non sono mai state evidenziate forme di inquinamento microbiologico da scarichi non depurati. Attualmente, il 2 giudizio di balneabilità viene rilasciato con deroga per i valori del pH e controllo di terzo livello per l'ossigeno disciolto. Tutto ciò indica l'adeguatezza dei livelli di depurazione e di collettamento degli scarichi, indicando nello stato trofico l'unica reale criticità del bacino lacustre.

Programma di misure

Allo stato attuale risulta necessario migliorare le conoscenze riguardanti il bilancio idrico del lago, allo scopo di stimare con più precisione il tempo di ricambio e di conseguenza valutare meglio l'efficacia delle opere di collettamento degli scarichi al fine di formulare ipotesi realistiche dell'evoluzione dello stato trofico del lago, soprattutto riguardanti i tempi previsti per un recupero naturale. Sono stati sviluppati i seguenti due progetti:

- 1) Il progetto di studio finalizzato alla definizione dell'idrologia del lago finanziato dal Comune di Ivrea e realizzato dal Dipartimento di scienze mineralogiche e petrologiche dell'Università di Torino (anni 2002-2005).
- 2) Progetto finalizzato alla verifica delle interazioni acqua-sedimento-biota, gestito da APPAT con finanziamento del Ministero dell'Ambiente e realizzato da Arpa Piemonte-Dip. Di Ivrea (anni 2003-2005).

Si propone inoltre la realizzazione di studi finalizzati alla conoscenza dello stato trofico storico del lago (livello trofico naturale), mediante indagini paleolimnologiche, per calibrare meglio gli sforzi mirati ad un recupero trofico dello specchio lacustre.

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

L'analisi granulometrica è stata eseguita in una fase precedente rispetto al campionamento biologico. In primavera, sono stati campionati 7 punti: uno alla massima profondità e altri sondando la zona litorale e sublitorale in varie parti del lago. È stata eseguita l'analisi granulometrica anche in 2 punti particolari: la spiaggia riportata a scopo turistico/ricreativo (St. 1) e un'area a livello di una griglia dove è presente materiale di riporto, e che funge da emissario (St. 0) (Tab. 3.3.9 e Tab. 3.3.10). In tutte le altre zone, le sponde scoscese e/o la presenza di vegetazione macrofita sommersa hanno ostacolato la chiusura della draga. Infatti, la parte sud-est è caratterizzata dalla presenza di roccia che scende velocemente in profondità, la parte meridionale presenta un impianto turistico con un porticciolo che si affaccia direttamente sul lago, costruito in cemento, e la parte occidentale e settentrionale, invece, è caratterizzata da folta vegetazione acquatica.

Tab. 3.3.9 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti per l'analisi granulometrica.

Stazioni	Profondità	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
		m	Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi
St. 0	0,5	412877	5037391	45	29	4,59	7	53	6,55
St. 1	1,5	412987	5037483	45	29	7,62	7	53	11,56
St. 2	6,5	412642	5037887	45	29	20,55	7	52	55,41
St. 3	8,7	412696	5037835	45	29	18,89	7	52	57,93
St. 4	11	412683	5037849	45	29	19,34	7	52	57,33
St. 5	15	412611	5037713	45	29	14,90	7	52	54,10
St. 6	44	412751	5037499	45	29	8,03	7	53	0,68

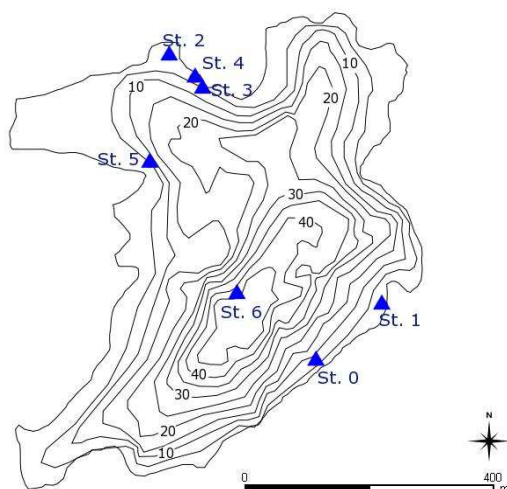


Fig. 3.3.4 - Carta batimetrica e stazioni per l'analisi granulometrica.

Tab. 3.3.10 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti per l'analisi biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			m	Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi
Transetto 1	T1 St. 0	1,5	412435	5037740	45	29	15,72	7	52	46,01
	T1 St. 1	14	412633	5037670	45	29	13,52	7	52	55,18
	T1 St. 2	44	412778	5037521	45	29	8,77	7	53	1,95

Il lago ha una superficie ridotta, quindi, in base al protocollo era sufficiente posizionare un solo transetto, comprensivo di tutte e tre le zone (litorale, sublitorale e profonda). Per ogni zona è stata considerata una stazione di raccolta. Si è scelto di posizionare il transetto come illustrato nella figura sottostante, viste le difficoltà di campionare nelle altre zone del lago.

Il campionamento per le analisi chimiche è stato effettuato da ARPA Piemonte, sede di Ivrea, negli stessi punti del campionamento biologico. Le analisi sono state effettuate sempre dal laboratorio di ARPA Piemonte sede di Ivrea.

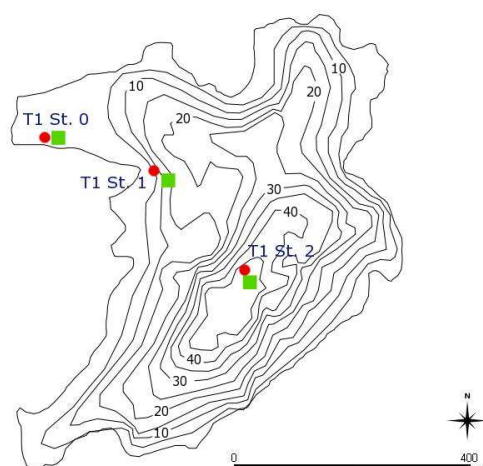


Fig. 3.3.5 - Carta batimetrica e stazioni di raccolta dei campioni biologici (●) e chimici (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago Sirio è stato campionato il 7 Marzo, il 6 Giugno ed il 1 Agosto. I campionamenti sono stati effettuati con la collaborazione di ARPA Piemonte, Dipartimento di Ivrea, effettuando i prelievi in due stazioni differenti. Il campionamento di Marzo è stato condotto nella stazione di massima profondità (bandiera gialla in Fig.3.3.6), mentre gli altri due prelievi, a causa della mancanza di un'imbarcazione, sono stati effettuati in una stazione raggiungibile da terra, rappresentata da un pontile galleggiante, collocato su una batimetria di circa 20 metri (bandiera rossa in Fig. 3.3.6) e distante circa 100 m dal punto di massima profondità.

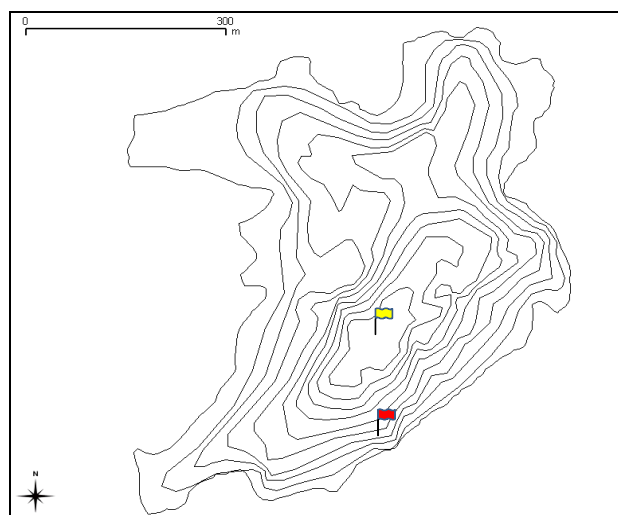


Fig. 3.3.6 - Batimetria del Lago Sirio. La bandierina gialla indica la posizione della stazione di campionamento per il fitoplancton e l'idrochimica, corrispondente al punto di massima profondità. La bandiera rossa indica la posizione della stazione di prelievo campionata in due occasioni, su una batimetria di circa 20.

Considerata la morfologia del bacino, questa stazione litorale si può ritenere rappresentativa per quanto riguarda la composizione del fitoplancton pelagico. In ogni caso, i campioni raccolti in questa stazione saranno confrontati con altri prelevati in date vicine, da ARPA Piemonte.

Macrofite strategie di campionamento e difficoltà

Il lago Sirio è situato nella “Zona dei cinque Laghi”, un’area posta all’interno dell’Anfiteatro Morenico di Ivrea. Il processo di esarazione dovuto all’azione dei ghiacciai che, nel Pleistocene, ha formato la morena della Serra e l’intero anfiteatro, ha scavato, su un substrato roccioso costituito principalmente da granulati, numerosi avvallamenti che si sono trasformati successivamente in laghi. Solo alcuni di questi, come il Lago Sirio, sono però rimasti tali, grazie anche all’impermeabilità garantita dalla roccia stessa, altri invece sono evoluti in torbiere e paludi. Il lago è circondato prevalentemente da sponde rocciose (Mori, 1994) che si alternano nella parte Nord-Ovest e Sud-Est a piccoli settori costituite da materiali alluvionali o torbosi.

Per quanto riguarda le caratteristiche limnologiche del Lago, si evidenzia che gli studi in proposito individuano già all’inizio del secolo scorso uno stato di trofia già alterato, caratterizzato da un’abbondante biomassa planctonica, confermata dalla segnalazione, nel 1939, di una fioritura di Cianobatteri del genere *Oscillatoria* (Baldi *et al.*, 1939). In seguito vennero condotti numerosi altri studi sul Lago Sirio, ad opera dell’Istituto di Ricerca Sulle Acque, dall’Istituto di Idrobiologia di Pallanza, dall’Università di Torino, e dall’ARPA stessa. Questi lavori concordano nell’individuare una situazione di deterioramento dello stato trofico, e quindi una lenta evoluzione verso uno stato di eutrofia ma contemporaneamente un rallentamento di questo processo grazie anche ai recenti lavori realizzati a protezione del lago dagli scarichi fognari.

In questo contesto sul Lago Sirio è stato possibile individuare, secondo la distribuzione delle specie presenti, un totale di 12 siti di campionamento (Fig. 3.3.7). Secondo il protocollo di campionamento per ogni sito occorre percorrere un solo transetto per verificare l’effettiva presenza di specie, indicare l’abbondanza e la percentuale di copertura per ognuna di esse. Vista l’estensione e per meglio verificare la distribuzione delle abbondanze delle singole specie presenti, è stato scelto di effettuare, per il solo sito 5, il campionamento lungo 2 transetti. Questo è infatti risultato il sito più esteso dell’intero lago ed era quindi possibile definire due aree leggermente dissimili tra loro per profondità della colonna d’acqua e quindi per estensione delle macrofite.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con il dettaglio dei 12 siti individuati durante la fase di sopralluogo preliminare ai campionamenti effettuato il 2 e il 3 agosto 2010.

Tabella 3.3.11 - Elenco dei siti in cui è stato suddiviso il Lago Sirio.

ID sito	Nome sito	Estensione sito (m)
1	baia con Lemna	37,2
2	da fine zona con Lemna a parete rocciosa	604,6
3	roccione centro lago	8,5
4	testa cavallo	636,1
5	da fine testa cavallo a cigno	830,2
6	fine terrazzo cigno e inizio Bagni Moia	354,6
7	ninfee Bagni Moia	31,7
8	fine Bagni Moia fino a scaricatore	138,4
9	da scaricatore fino a canneto	213,7
10	da dopo juncus a scaletta Canottieri	79,8
11	sito ninfee Canottieri	22,8
12	Canottieri tra posto barche e ninfee	39,9

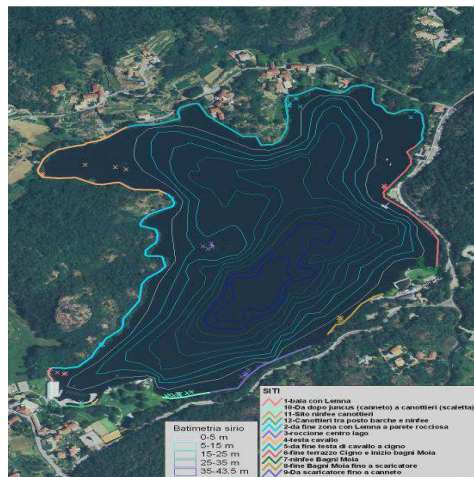


Figura 3.3.7 - Foto aerea del Lago di Sirio, raffigurante anche la batimetria del lago, i siti di campionamento e i relativi punti di campionamento effettuati su ogni sito.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica verrà effettuato all'inizio dell'estate del 2012

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

Il Lago Sirio è stato indagato il 5 agosto 2011, con la collaborazione del compartimento di Ivrea di ARPA Piemonte. Anche per il Lago Sirio i punti di indagine sono stati 10, come da protocollo, disposti secondo quanto riportato in figura 3.3.8. La scheda di campo è stata compilata completamente e non si sono rilevate difficoltà o problemi durante l'indagine. È stato utilizzato un pedalò per il rilievo e il passaggio tra i diversi punti di osservazione, allungando così notevolmente il tempo di indagine. E' stato comunque molto utile questo tipo di imbarcazione per la possibilità di avvicinarsi alla sponda in qualunque punto e per l'opportunità di osservare più attentamente gli habitat presenti. Non è praticabile questo tipo di "imbarcazione" per laghi di dimensioni più grandi del Lago Sirio.

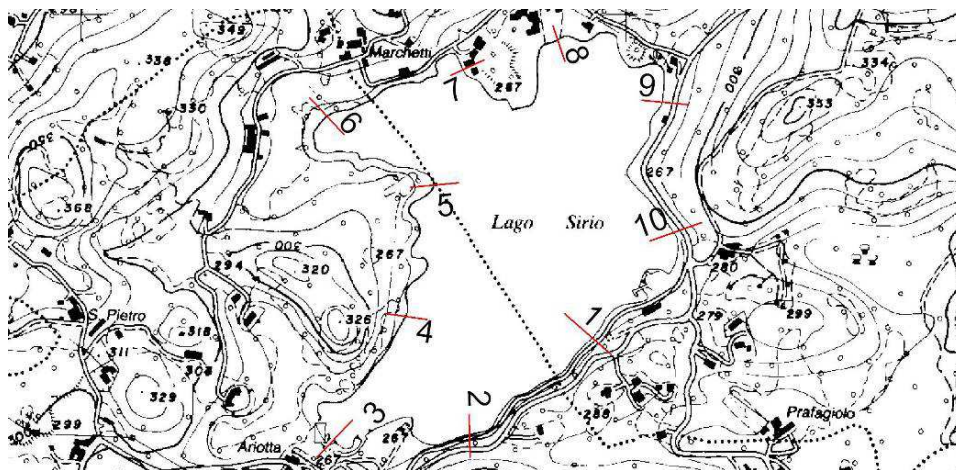


Fig. 3.3.8 – Punti di applicazione del metodo LHS.

I punti di applicazione sono indicati in figura 3.3.8 con la linea rossa e sono stati numerati per poter ritrovare sul posto la loro posizione attraverso uno strumento GPS.

Nella tabella 3.3.12 si riportano le coordinate dei punti di indagine.

Tab. 3.3.12 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD	Lat_Decimale	Long_Decimale	Latitudine	Longitudine
1	412984,76739	5037595,82439	45,48646398	7,886496364	45 29 11.27	7 53 11.38
2	412767,61294	5037408,71647	45,48475298	7,883751305	45 29 5.11	7 53 1.505
3	412520,41196	5037403,93634	45,48467899	7,880589515	45 29 4.84	7 52 50.12
4	412652,20696	5037627,91955	45,48671124	7,882235804	45 29 12.16	7 52 56.05
5	412703,42263	5037868,29177	45,48888087	7,882848305	45 29 19.97	7 52 58.25
6	412506,07157	5037994,62376	45,48999304	7,88030072	45 29 23.97	7 52 49.08
7	412763,51569	5038083,39759	45,49082422	7,883578933	45 29 26.96	7 53 0.88
8	412932,18597	5038127,78451	45,49124476	7,885729225	45 29 28.48	7 53 8.62
9	413126,80552	5038019,89016	45,49029805	7,888238548	45 29 25.07	7 53 17.65
10	413145,92604	5037782,93231	45,48816794	7,888525144	45 29 17.40	7 53 18.69

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 2-3). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 3.3.

Per quanto riguarda il Lago Sirio sono da evidenziare due grandi zone turistico ricreative con presenza di opere di ingegneria classica sulle sponde per ampi tratti che hanno causato un'artificializzazione delle sponde e la perdita di habitat caratteristici. Sono anche presenti zone altamente naturali con bosco denso nella zona riparia, substrato fine e presenza di macrofite nella zona litorale. La presenza di una passeggiata lungo la sponda nord-est-sud non pregiudica la naturalità della stessa per la presenza di essenze arboree e arbustive caratteristiche di un ambiente lacustre, e per la quasi totale assenza di opere di contenimento della sponda; il materiale utilizzato risulta prevalentemente formato da grossi massi (tipo scogliera) appoggiati e non cementati.

3.4 LAGO PICCOLO DI AVIGLIANA

Inquadramento geografico e morfometria

Il Lago Piccolo di Avigliana, detto anche di Trana, è un lago intermorenico, ha un'estensione areale di 0,58 km² ed una profondità media di 7,7 m. La sua profondità massima raggiunge i 12 m, la quota media a cui si trova è a 356 m s.l.m. e racchiude un volume di 4,5 milioni di m³. La lunghezza del suo perimetro è 3,04 km e i due assi principali, larghezza e lunghezza massime misurano rispettivamente 0,65 e 1,1. L'indice di sinuosità, pari a 1,15 identifica un lago più vicino ad una forma ellittica che circolare. L'estensione del suo bacino drenante è di 8,1 km² e il rapporto caratteristico area bacino/area lago è di 14. In figura 3.4.1 sono riportati il bacino imbrifero del lago in scala 1:10'000 ricavato dalla Carta Tecnica Regionale, CTR fogli n° 155090 e 155130, unitamente alla foto aerea del lago.

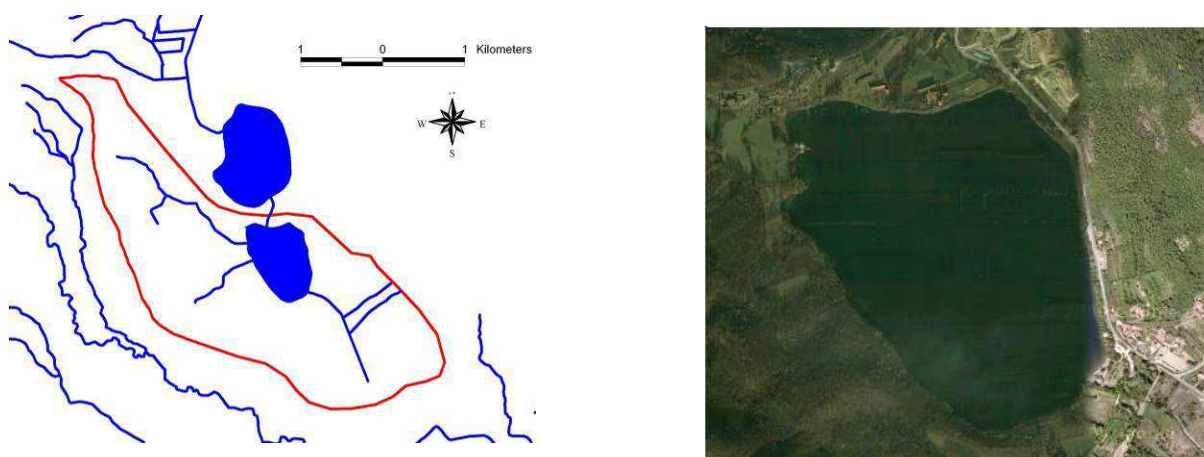


Fig. 3.4.1 – Lago Piccolo di Avigliana e suo bacino imbrifero. CTR 1: 10'000, e foto aerea. La foto aerea è stata scaricata da GoogleEarth.

La quota massima del bacino afferente al lago è di 641 m s.l.m. e quella media di 420 m s.l.m.. Ne deriva una bassa pendenza del bacino, intorno al 10%. Il Lago Piccolo di Avigliana riversa le sue acque nel Lago Grande, maggiormente antropizzato rispetto al Piccolo che risulta circondato da boschi, prati e canneto. I due comuni afferenti al lago sono quelli di Avigliana e Trana e la provincia è quella di Torino.

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

L'origine dei laghi di Avigliana e dell'anfiteatro morenico risale alle ultime due grandi glaciazioni pleistoceniche: quella rissiana (230.000 anni fa) e quella würmiana (120.000 anni fa) quest'ultima responsabile della formazione dei laghi. Molto probabilmente le vicende glaciali generarono quattro bacini lacustri due dei quali, la torbiera di Trana e l'attuale zona dei Mareschi, ben presto interrati dai detriti che scendevano dalle colline circostanti (<http://www.parconaturalelaghiavigliana.eu/>).

Dal punto di vista geologico, il bacino drenante è prevalentemente ricoperto dal terreno di origine glaciale, con alcuni affioramenti del substrato cristallino sottostante. E' opportuno

evidenziare la presenza nel substrato di rocce ultrabasiche, le quali condizionano le caratteristiche chimiche delle acque lacustri. (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Per quanto riguarda l'uso del suolo si riporta in figura 3.4.2 la caratterizzazione da Corine Land Cover 2000, 3° livello e la tabella 3.4.1 che riporta la descrizione delle categorie di uso del suolo che si trovano all'interno del bacino imbrifero. La maggior parte del bacino risulta costituita boschi di latifoglie, 3,98 km² pari al 48,8% e da zone agricole eterogenee, 2,83 km², corrispondente al 34,7%; in percentuale minore si trovano i prati stabili (7,8%) e gli arbusti e vegetazione arbustiva (2,3%).

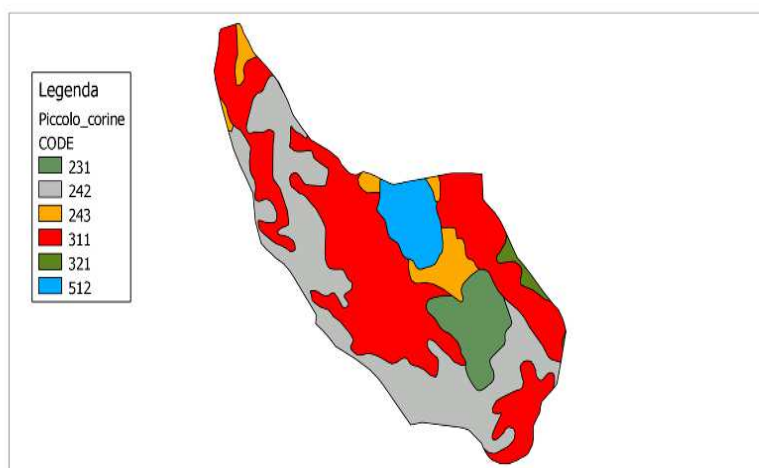


Fig. 3.4.2 – Uso del suolo da Corine Land Cover per il bacino del Lago Piccolo di Avigliana.

Tab. 3.4.1 - Descrizione delle categorie di uso del suolo

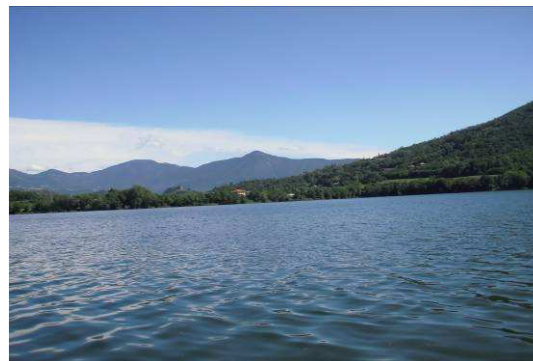
Codice legenda Corine	Descrizione
231	Prati stabili (foraggere permanenti)
242	Sistemi colturali e particellari complessi
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
311	Boschi di latifoglie
321	Aree a pascolo naturale e praterie
512	Bacini d'acqua

Caratterizzazione geomorfologica del bacino drenante e idrologia

Il bacino dei laghi di Avigliana è compreso nell'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana. Qui si possono osservare tre differenti cerchie moreniche: la prima separa la torbiera di Trana dal lago Piccolo, la seconda chiude il lago Piccolo a valle mentre l'ultima sbarra il lago Grande. Il rilievo principale compreso nel bacino imbrifero è rappresentato dal Moncuni (642 m s.m.).



Lago Piccolo di Avigliana, ninfee e bacino



Lago Piccolo di Avigliana



Lago Piccolo di Avigliana



Lago Piccolo di Avigliana, vegetazione spondale

I corsi d'acqua immissari più significativi risultano il rio Freddo e il rio Giacomo, mentre l'emissario che lo collega con il lago Grande è il rio Meana.

Caratterizzazione socio-economica

Il lago di Avigliana Piccolo presenta caratteristiche assai simili all'adiacente lago di Avigliana Grande. Il lago è situato all'interno del Parco Naturale Laghi di Avigliana. Il Comune di Avigliana, ubicato a pochi chilometri dal lago, è piuttosto esteso e comprende entrambi i laghi. La popolazione residente (1.107) è in consistente crescita (circa 10%) rispetto al precedente censimento.

Il livello di inquinamento dello specchio lacustre, prima dell'istituzione del Parco - nel 1980 - era drammaticamente elevato. Nel tempo, le notevoli attività del Parco hanno significativamente contribuito alla valorizzazione dell'area ed al miglioramento dell'ecosistema lacustre e quindi ad incentivare lo sviluppo turistico della zona, che riveste un notevole interesse storico e naturalistico. In particolare, il Lago Piccolo non è toccato dal turismo di massa, anche perché non vi è consentita la navigazione e quindi non si sono sviluppate le numerose attività sportive presenti nel Lago Grande. Lo sviluppo turistico, sempre in crescita, si basa quindi su caratteristiche prettamente naturalistiche.

Lo specchio lacustre ricade all'interno del distretto industriale di Pianezza-Pinerolo, specializzato nel settore metalmeccanico. Gli addetti industriali, poco numerosi, sono

infatti principalmente occupati nel settore metalmeccanico (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi). Il Parco Naturale laghi di Avigliana, istituito nel 1980, è situato allo sbocco della Valle di Susa, ai piedi del Monte Pirchiriano su cui sorge l'antica abbazia della Sacra di San Michele, in una caratteristica zona dell'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana, distante poco più di 20 chilometri da Torino. Tale parco occupa una superficie di 2,11 km² in cui è presenta un'area umida di elevato valore naturalistico.

Le sponde del lago sono percorse da sentieri segnalati, che si possono seguire in lunghe passeggiate su terreno pianeggiante immerse nel verde. Lungo tali sentieri è possibile scorgere la fauna presente nei laghi che è costituita, in maggior parte, da una grande varietà di anatidi come il germano reale, l'alzavola e la marzaiola.



Lago Piccolo di Avigliana, vegetazione acquatica



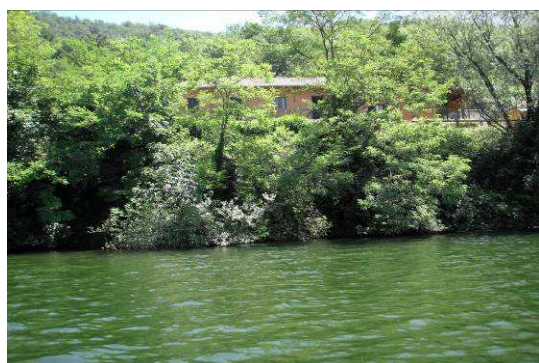
Lago Piccolo di Avigliana, particolare avifauna



Lago Piccolo di Avigliana, zona umida



Lago Piccolo di Avigliana, canale emissario



Lago Piccolo di Avigliana, vegetazione spondale



Lago Piccolo di Avigliana, zona turistica di ristoro

Fino alla metà degli anni '80 era presente un ingente prelievo irriguo dal lago Piccolo, tra gli 0,45 e gli 0,53 m³/s dal 1° giugno al 10 settembre, ad opera del Consorzio irriguo delle Gerbole di Rivalta e dei paesi limitrofi, per un volume totale annuo di 7,1 milioni di m³.

Per evitare eccessivi abbassamenti del livello del lago veniva pompata acqua dal Lago Grande al Lago Piccolo, deteriorando la qualità di quest'ultimo. Con la cessazione di questa pratica, le condizioni delle acque sono quindi migliorate. Nelle seguenti tabelle 3.4.2 – 3.4.8 si riportano schematicamente le principali sorgenti di carico e la relativa entità, sia per il fosforo che per l'azoto.

(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Tab 3.4.2 - Scarichi al lago da rete fognaria.

Popolazione insediata sul bacino drenante	Popolazione totale collettata		Popolazione totale trattata				Popolazione non collettata
	[abitanti]	% su popolazione insediata	N° impianti presenti nell'area afferente al lago	N° impianti che trattano gli abitanti insediati nel bacino afferente al lago [non appartenenti alle aree drenanti]	[abitanti]	% su popolazione insediata	
3696	3437	93%	0	1 [1]	3437	93%	259

Tab. 3.4.3 - Stima dei carichi di origine civile non trattati.

	Stima dei carichi in uscita[t/a]			
	BOD5	COD	Ptot	Ntot
Carichi non trattati ma collettati con recapito in acque superficiali	0,0	0,0	0,0	0,0
Carichi non trattati ma collettati con recapito su suolo	0,0	0,0	0,0	0,0
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito in acque sup.	1,7	3,7	0,0	0,3
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito su suolo	4,0	8,5	0,1	0,8
Carichi non trattati ma collettati con recapito in acque superficiali	0,0	0,0	0,0	0,0

Non vi è la presenza di depuratori nel bacino. La rete fognaria di Avigliana recapita al depuratore consortile di Rosta, che scarica fuori bacino.

Tab. 3.4.4 - Scarichi da insediamenti produttivi diretti al lago potenzialmente impattanti su di esso.

Origine scarico (prevalente)	N°scarichi produttivi
Raffreddamento	4
Civile	3
DN20 Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero, escluso mobili	1
DN26 Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	1
DN27 Metallurgia	1

Tab. 3.4.5 - Stima dei carichi di origine produttiva.

	N°addetti all'industria sul bacino	volumi totali annui scaricati [Mm3]	Stima carico effettivo [t/a]			
			Ptot	Ntot	COD	BOD5
			Totale bacino	338	0,27	0,07

Tab. 3.4.6 - Stima degli apporti al lago da sorgenti diffuse di inquinamento.

Azoto	Carichi potenziali [t/anno]	Carichi effettivi runoff * [t/anno]	Carichi diretti al lago [t/anno]
Agricoltura	7,66	--	--
Zootecnia	9,54	--	--
Apporto meteorico	24,15	--	3,34
Totali	41,35	8,00	3,34

Fosforo	Carichi potenziali	Carichi effettivi runoff *	Carichi diretti al lago
	[t/anno]	[t/anno]	[t/anno]
Agricoltura	1,87	--	--
Zootecnia	4,04	--	--
Apporto meteorico	0,16	--	0,023
Totali	6,07	1,08	0,023

* la stima dei carichi effettivi da run-off deriva da metodologia applicata a scala regionale

Tab. 3.4.7 - Stima dei carichi totali afferenti al lago da scarichi puntuali e inquinamento diffuso.

Origine puntuale			Origine diffusa		
	P	N		P	N
	[t/a]	[t/a]		[t/a]	[t/a]
Scarichi fognari trattati	0,00	0,00	Agricola	--	--
Scarichi non trattati	0,05	0,35	Zootecnica	--	--
Scarichi diretti da insediamenti produttivi	0,07	1,62	Meteorica	--	--
Totale origine puntuale	0,11	1,97	Totale origine diffusa	1,11	11,34

Tab. 3.4.8 - Carico totale dei nutrienti afferenti al lago (origine puntuale + origine diffusa).

	P [t/a]	N [t/a]
Carico annuo totale	1,22	13,31
Carico massimo ammissibile teorico	--	--
Fattore limitante i processi di eutrofizzazione	Fosforo	

*valore di riferimento per laghi mesotrofi, metodo OECD (Gaggino et al, 1987)

Trend evolutivo dello stato trofico del lago

Il Lago Piccolo di Avigliana ha avuto una storia analoga a quella di molti laghi italiani: fino al 1950 la qualità delle sue acque era buona (infatti venivano utilizzate a scopo idropotabile). Da quel periodo, fino all'inizio degli anni '80, le condizioni trofiche del lago sono peggiorate drasticamente a causa del crescere degli scarichi diretti a lago e del trasferimento di acque ricche di nutrienti dal Lago Grande al Lago Piccolo; all'inizio degli anni '80 il lago era da considerarsi eutrofo. Il collettamento di molti scarichi domestici e l'interruzione del travaso d'acqua dal Lago Grande hanno fatto sì che lo stato trofico del lago migliorasse progressivamente, passando da livelli di moderata eutrofia degli anni '90 a condizioni di mesotrofia assai vicine a quelle storicamente naturali. In effetti, la concentrazione media di fosforo totale, che all'inizio degli anni '80 era dell'ordine di 40 µg/l, attualmente rimane compresa tra 25 e 30 µg/l, evidenziando un trend decrescente tuttora

in corso che potrebbe attestarsi nei prossimi anni al valore di "naturalità" (22 µg/l) previsto in base all'indice MEI.

(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Analisi delle criticità/problematiche quali-quantitative in relazione allo stato del lago

- 1) Non esiste nessun sistema di fognatura pubblica poiché sul bacino insistono solo sparuti insediamenti civili. Dal punto di vista trofico, il lago si trova ancora in condizioni di transizione tra l'eutrofia e la mesotrofia, anche se, negli ultimissimi anni, sembrerebbe aver recuperato la sua naturale condizione di mesotrofia. Dai dati disponibili e dal trend evolutivo in atto, si può dunque affermare che il lago ha quasi raggiunto la sua naturale condizione di mesotrofia, anche se non ha ancora raggiunto una condizione di equilibrio rispetto al carico esterno (apporti dal bacino drenante) e, specialmente, al carico interno (rilascio dai sedimenti).
- 2) Attualmente la principale criticità relativa al lago e all'utilizzo delle sue acque è individuabile nella non balneabilità nell'unica stazione monitorata (loc. La Spiaggetta). Tale condizione è correlata al superamento dei valori limite da parte dei parametri microbiologici. Nello specifico, i superamenti di tali valori soglia negli ultimi anni sono ascrivibili sia a batteri tipicamente presenti nei reflui fognari, sia a salmonelle la cui presenza è con molta probabilità dovuta alla comunità di anatidi presenti nel lago (dati ARPA 2000 - 2002).
- 3) Dal punto di vista quantitativo, il prelievo d'acqua ad uso irriguo durante la stagione estiva amplifica notevolmente le fluttuazioni stagionali del livello idrico del lago. Negli ultimi anni, circa il 50% del volume idrico viene prelevato dalle acque del Lago Grande e pertanto l'entità di tale problematica risulta attenuata rispetto a qualche anno fa. Ciò nonostante anche questa parte residua di prelievo dal lago Piccolo può influenzare negativamente la qualità delle sue acque. (Sito della Regione Piemonte).

Programma di misure

Visti i risultati non positivi delle analisi finalizzate a stabilire l'idoneità delle acque lacustri all'uso balneare, si ritiene necessario effettuare approfondimenti conoscitivi ed indagini specifiche con lo scopo di individuare le cause della contaminazione microbiologica che, specialmente nei mesi di maggior afflusso turistico, interessa il lago. Di seguito si riportano pertanto gli interventi necessari a ripristinare la condizione di balneabilità delle acque lacustri (Regione Piemonte - Relazione annuale Acque di Balneazione al Ministero dell'Ambiente ex DM 18 Settembre 2002):

- 1) verifica analitica della qualità dal punto di vista batteriologico delle acque immesse nel lago dagli affluenti;
- 2) verifica della presenza di eventuali scarichi negli affluenti del lago mediante un'attenta indagine di censimento;
- 3) verifica di eventuali situazioni puntuali di assenza di collettamento fognario nel bacino imbrifero.

Inoltre, al fine di integrare il quadro conoscitivo esistente, sono state individuate le seguenti misure:

- 1) Installazione di una stazione idrologica di monitoraggio sull'emissario, per valutarne la

portata in continuo al fine di approfondire le conoscenze sul bilancio idrico del lago; a tal proposito si rende necessaria un'indagine sui prelievi idrici lacustri finalizzata alla loro razionalizzazione e riduzione e al loro corretto inquadramento nei bilanci idrologici integrati fra i due laghi. In ogni caso va ribadito che non si dovrà mai trasferire acqua dal lago Grande al Piccolo, al fine di evitare qualsiasi esportazione di inquinanti e nutrienti algali.

- 2) Condurre studi paleolimnologici sul lago per stabilire lo stato trofico storico e quindi naturale, basato sull'analisi dei sedimenti.

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Nel Lago Piccolo di Avigliana la raccolta dei campioni per l'analisi granulometrica è stata effettuata in primavera e contemporaneamente alla raccolta dei campioni biologici. I campioni per le analisi chimiche sono stati raccolti ed analizzati da ARPA Piemonte.

Date le dimensioni del bacino lacustre e la sua profondità massima (12 m) si è optato per il posizionamento di un solo transetto, situato nei pressi dell'immissario. In tale bacino si sono riconosciute solamente la fascia litorale e la zona sub-litorale, ma si è comunque scelto di procedere con l'analisi di 3 punti di campionamento situati uno nella prima e due nella seconda fascia, di cui uno in corrispondenza della massima profondità del lago (12 m) (Tab. 3.4.9). Il lago è un Parco Naturale e attualmente non esistono al suo interno pressioni evidenti.

Tab. 3.4.9 – Stazioni, profondità e coordinate dei punti per l'analisi granulometrica, biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	2	373422	4990062	45	3	9,71	7	23	33,06
	T1 St. 1	9,5	373492	4990166	45	3	13,13	7	23	36,17
	T1 St. 2	12	373517	4990233	45	3	15,31	7	23	37,25

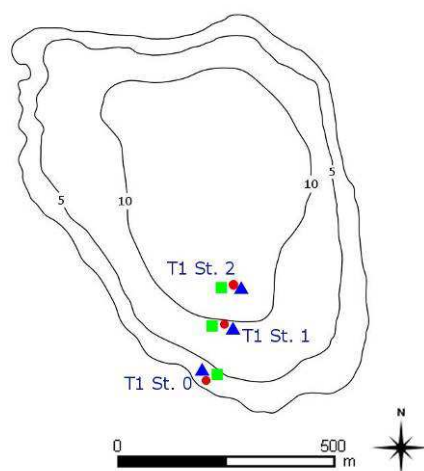


Fig. 3.4.3 - Carta batimetrica e stazioni per l'analisi granulometrica (▲), biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

Non si prevede di effettuare campionamenti sul lago di Avigliana nel corso del 2011, poiché la scelta di introdurre anche questo ambiente nel progetto è stata fatta in una fase troppo avanzata, quando il calendario dei campionamenti era già stato definito. Considerando che il fitoplancton va campionato sei volte nel corso dell'anno, non era possibile aggiungere anche l'Avigliana ai campionamenti programmati nel 2011. Per far fronte alle necessità del progetto ci si avvarrà della collaborazione di ARPA Piemonte, che ha condotto il monitoraggio del Lago nel corso del 2011.

Macrofite strategie di campionamento e difficoltà

Il lago Piccolo di Avigliana è stato campionato nel luglio di quest'anno (2011); le specie presenti non sono state ancora classificate e i dati raccolti non sono stati ancora elaborati; non è stato dunque possibile effettuare una descrizione di questo lago completa ed esaustiva.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica verrà effettuato all'inizio dell'estate del 2012

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

Il Lago Piccolo di Avigliana è stato indagato il 18 luglio 2011, con la collaborazione del compartimento di Ivrea di ARPA Piemonte e del Guardiaparco del Parco Naturale dei laghi di Avigliana. Anche per questo lago i punti di indagine sono stati 10, come da protocollo, disposti secondo quanto riportato in figura 3.4.4. La scheda di campo è stata compilata completamente e non si sono rilevate difficoltà o problemi durante l'indagine. È stato utilizzata una barca a remi, essendo interdetto l'uso di barche a motore. Abbiamo quindi dovuto prendere accordi con il Guardiaparco del Parco Naturale per poter effettuare il rilievo sul lago. La sua collaborazione è stata molto utile sia per la logistica e l'utilizzo dell'imbarcazione, sia per le notevoli informazioni dateci durante l'applicazione del metodo: utilizzi ricreativi del lago, uso del suolo nella fascia riparia quando non visibile dal lago, presenza di scarichi e/o prelievi, attività varie di pesca, trekking etc.. Anche in questo caso, come per il Lago Sirio, l'applicazione del metodo ha richiesto una tempistica superiore alla media a causa della tipologia di imbarcazione. E' stato, comunque, molto utile la possibilità di avvicinarsi alla sponda in qualunque punto e l'opportunità di osservare più attentamente gli habitat presenti.

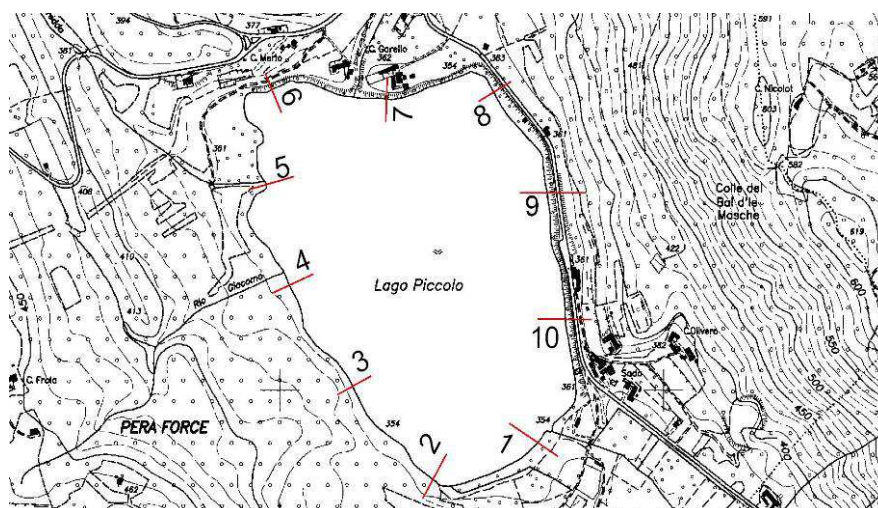


Fig. 3.4.4 – Punti di applicazione del metodo LHS.

I punti di applicazione sono indicati in figura 3.4.4 con la linea rossa e sono stati numerati per poter ritrovare sul posto la loro posizione attraverso uno strumento GPS. Nella tabella 3.4.10 si riportano le coordinate dei punti di indagine.

Tab. 3.4.10 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD	Lat_Decimale	Long_Decimale	Latitudine	Longitudine
1	373715,74813	4990063,32448	45,05276203	7,396246202	45 3 9.94	7 23 46.48
2	373457,69431	4989976,34005	45,05193321	7,392992249	45 3 6.96	7 23 34.77
3	373248,93167	4990193,80113	45,05385261	7,390287236	45 3 13.86	7 23 25
4	373088,49371	4990437,35754	45,05601544	7,388188935	45 3 21.65	7 23 17.48
5	373033,40357	4990678,01448	45,05817104	7,387428673	45 3 29.41	7 23 14.74
6	373038,23604	4990892,57608	45,06010259	7,387435744	45 3 36.36	7 23 14.76
7	373333,01662	4990877,11218	45,0600163	7,391182228	45 3 36.05	7 23 28.25
8	373614,26629	4990896,44206	45,06024054	7,394748151	45 3 36.86	7 23 41.09
9	373765,03931	4990654,81863	45,05809327	7,396723177	45 3 29.13	7 23 48
10	373795,96711	4990352,30610	45,05537669	7,397191895	45 3 19.35	7 23 49.89

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 5-6). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 3.4.

Per quanto riguarda il Lago Piccolo di Avigliana non vi sono particolari impatti sulla riva; da segnalare la presenza del canale emissario, verso il Lago Grande, che rappresenta un punto di artificializzazione e qualche difesa spondale sparsa ma limitata arealmente e longitudinalmente. La zona riparia risulta principalmente costituita da bosco, con l'eccezione una zona sul lato nord-est-sud dove sono presenti case sparse con frutteti. La zona litorale non è spesso visibile in quanto la trasparenza delle acque risulta molto ridotto; il materiale predominante è comunque costituito da sabbia e limo.

3.5 LAGO DI CANDIA

Inquadramento geografico e morfometria

Il bacino del Lago di Candia si trova inserito nell'ampio anfiteatro morenico di Ivrea e fa parte del bacino idrografico della Dora Baltea; è costituito prevalentemente da campi coltivati delimitati a Sud da una serie di colline, mentre a Nord Nord-Est il bacino si chiude a ridosso del lago; la sua altitudine media è di 266 m s.l.m.. La superficie dell'intero bacino è di 8,91 km² e quella del lago ha un'estensione di 1,47 km²; la sua profondità massima è di 7,7 m, mentre quella media è di 4,7 m.

L'orientamento geografico del lago, Nord-Est, Sud-Ovest lo porta ad avere una forma piuttosto allungata, sottolineata dall'indice di forma o di Gravelius pari a 1,46.

Per una precisa collocazione topografica del lago possiamo far riferimento ai fogli identificativi della carta tecnica regionale CTR 135070 e 135080; nella figura 3.5.1 è riportato il Lago di Candia con la definizione del suo bacino imbrifero unitamente ad una foto aerea del lago. L'emissario del lago, il Fosso Traversaro sul quale si chiude il bacino imbrifero, si trova decentrato verso Sud- Ovest, rispetto alla punta più a Nord dello specchio d'acqua.

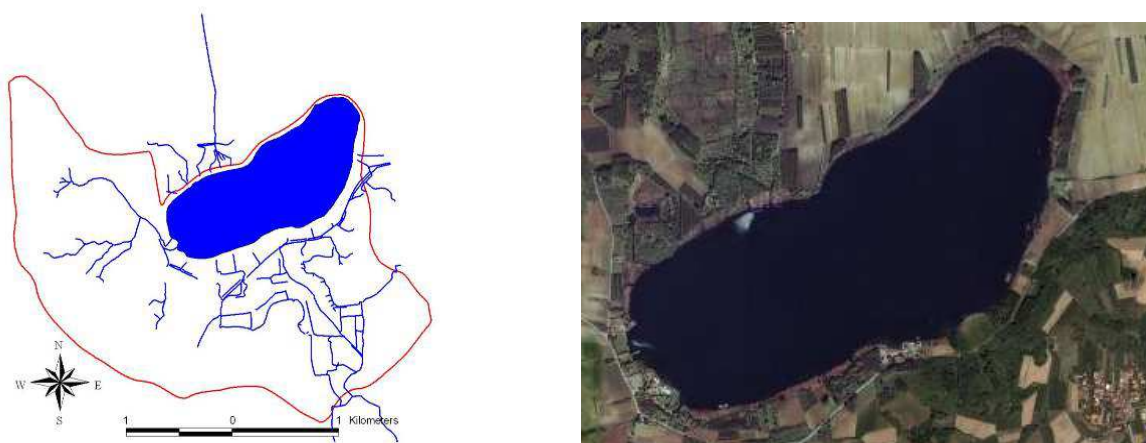


Fig. 3.5.1 – Lago di Candia e suo bacino imbrifero – CTR scala 1: 10'000 e foto aerea. La foto aerea è stata scaricata da GoogleEarth.

A Nord-Ovest troviamo l'abitato di Candia Canavese che si trova alle pendici del rilievo Santo Stefano; lo spartiacque del bacino tocca Punta Torre (386,6 m s.l.m.), punta più elevata dell'areale in studio; procedendo verso Sud incontriamo il M. Chiaro (352,6 m s.l.m.), il Col Barbetta (348,7 m s.l.m.), Cassetto Nuovo (349,8 m s.l.m.) e dirigendosi verso Est il Dosso della Guardia (349,8 m s.l.m.); il confine del bacino attraversa il canale di Mazzè, da dove poi partono le due derivazioni che si dirigono verso il lago, utilizzate nei periodi irrigui, e una serie di modesti rilievi che passando attraverso cascate (Cascina Giacomello) e case sparse declinano sempre più fino ad arrivare a ridosso della sponda del lago. Risalendo verso Nord il bacino racchiude porzioni di campi all'interno di un territorio completamente pianeggiante dove le differenze di quota sono dell'ordine del metro, a volte di qualche centimetro, tali da rendere difficoltosa la delimitazione dello spartiacque; sempre in questo contesto prosegue verso Ovest, attraversa Cascina

Cafasso (229,4 m s.l.m.) e raggiunge nuovamente l'emissario.

Nel 1995 è stato costituito il Parco Naturale provinciale del Lago di Candia, come prima esperienza di parco provinciale in Italia, per un totale di 3,39 km². Il Lago di Candia è tra le più importanti zone umide del Piemonte perché ospita numerosi uccelli acquatici e una ricca flora idrofila, fra cui alcune specie ormai rare: ciò ha consentito di inserire il Parco nella lista dei biotopi della Regione Piemonte e di classificarlo, ai sensi della direttiva Habitat dell'Unione Europea, come Sito di Importanza Comunitaria; inoltre sono state attivate le procedure per l'inserimento del Lago di Candia nella lista delle aree umide protette ai sensi della Convenzione di Ramsar.

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

L'area in cui è inserito il Lago di Candia è interessata da due grandi linee tettoniche sub-parallele all'arco alpino: la prima separa le granuliti di età paleozoica e di alto grado metamorfico dalle più recenti rappresentate da un basamento cristallino metamorfico paleozoico con intrusioni di graniti e dioriti sulla quale poggia una copertura formata da carbonati, argilliti, arenarie e vulcaniti; la seconda linea separa la zona del canavese dalla zona Sesia-Lanzo, quest'ultima caratterizzata da micascisti, gneis minuti, gneis occhiadini e gneis eclogistici.

In termini cronologici il lasso di tempo che intercorre tra oggi e la formazione del Lago di Candia è appena di 20.000 anni, intervallo molto breve da un punto di vista geologico e che induce a cercare i motivi della sua presenza ben più indietro nel tempo. Infatti la sequenza sommitale dei depositi è da attribuire all'azione delle glaciazioni del Mindel, Riss e Wurm responsabili tra l'altro della costruzione dell'anfiteatro morenico di Ivrea e quindi anche del Lago di Candia. Immediatamente a Sud del Lago si possono notare gli sbarramenti morenici rissiani che si alternano a depositi fluvioglaciali più fini. Di fatto tralasciando il Mindel, i cui depositi sono stati cancellati dalle espansioni glaciali successive, nella zona del bacino del Candia sono presenti principalmente le evidenze di questa espansione glaciale che ha costituito un cordone di sbarramento come è evidente nella carta geologica digitalizzata e georeferenziata tratta dal Foglio n° 46 della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000.

Per quanto riguarda l'uso del suolo sono presenti all'interno del bacino del Lago di Candia diverse aree agricole sia caratterizzate da seminativi che da zone agricole eterogenee per un totale di 5,43 km² pari al 48,3% dell'areale. Sono presenti zone boscate, circa il 25,5 % del bacino e vegetazione arbustiva e/o erbacea per un totale di circa il 6,9% . La presenza di corsi d'acqua, canali, idrovie e bacini d'acqua arriva al 11,4% con, in minima parte, la presenza di zone urbanizzate che coprono un'area di 0,23 km², pari al 2,0% del bacino. In figura 3.5.2 è riportato l'uso del suolo secondo Corine Land Cover 2000 al 3° livello e in tabella 3.5.1 la descrizione delle categorie dell'uso del suolo presenti nel bacino imbrifero del lago.

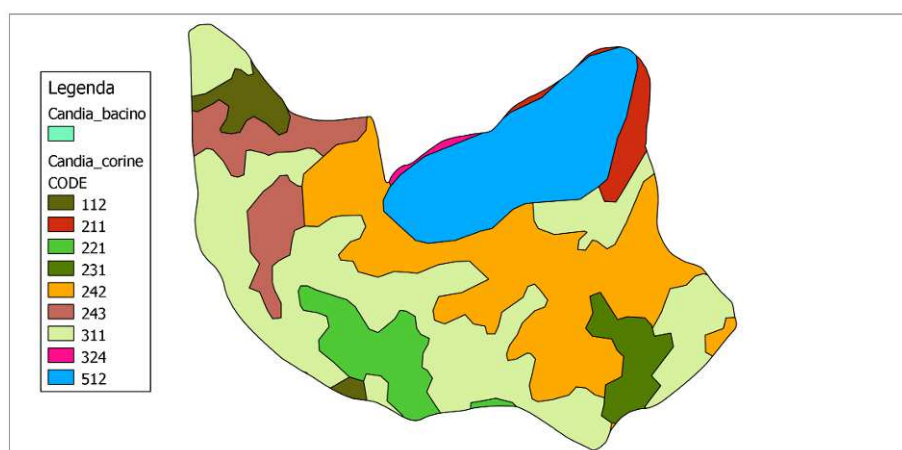


Fig. 3.5.2 – Uso del suolo da Corine Land Cover per il bacino del Lago di Candia.

Tab. 3.5.1 - Descrizione delle categorie di uso del suolo.

Codice legenda Corine	Descrizione
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
211	Seminativi in aree non irrigue
221	Vigneti
231	Prati stabili (foraggere permanenti)
242	Sistemi colturali e particellari complessi
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
311	Boschi di latifoglie
324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
512	Bacini d'acqua

Caratterizzazione geomorfologica del bacino drenante e idrologia

Da un punto di vista genetico il Lago di Candia è successivo all'espansione rissiana e seppur nato in un'epoca recente, si sta riducendo nell'attuale epoca post-glaciale per effetto dell'interramento di cui sono responsabili le acque superficiali che decantano il loro carico solido dilavato dai depositi morenici circostanti.

Nella carta litologica é evidente la presenza del cordone morenico a Sud del lago costituito da materiale grossolano alterato. A Nord, nella zona pianeggiante, è presente una deposizione di materiale fluviale di tipo ghiaioso avvenuta con molta probabilità nei periodi interglaciali. Questi due sistemi sono intercalati direttamente a Sud del Lago da un fascio di argille siltose probabilmente testimonianza di dimensioni maggiori del Lago in epoca passata. Il lago di Candia si trova addossato ai cordoni morenici rissiani all'interno dell'"anfiteatro" di Ivrea (figura 3.5.3) su depositi costituiti da sedimenti ghiaioso – sabbioso – argillosi fluvio – glaciali "würmiani" e lacustri "würmiani" ed "olocenici" affiancati verso

NE, a quote inferiori di 12 – 15 metri, dai depositi ghiaioso – sabbiosi delle alluvioni recenti della Dora Baltea. I depositi fluvio – glaciali e lacustri sono sovrapposti ai depositi costituiti da alternanze a disposizione caotica di ghiaioni, ghiaie, sabbie ed argille delle cerchie moreniche più esterne, attribuite al Riss da Carraro e Petrucci (1968), e ad essi si affiancano, più a nord, i lembi residui dei depositi morenici “würmiani” anche essi costituiti da alternanze caotiche di ghiaioni, ghiaie, sabbie ed argille.

Sottoposti si trovano in successione i lembi residui dei depositi costituiti da alternanze caotiche di ghiaioni, ghiaie, sabbie ed argille delle cerchie moreniche del Mindel e sotto ad esse i conglomerati, in disposizione stratificata, appartenenti al “Ceppo” dell’interglaciale Günz – Mindel, che affiorano nell’incisione della Dora Baltea, presso Villareggia (Desio, 1973). Sotto ad essi giacciono, in parte, i sedimenti lacustri del Villafranchiano ed i depositi di ambiente marino e di transizione del Pliocene Superiore (Astiano).

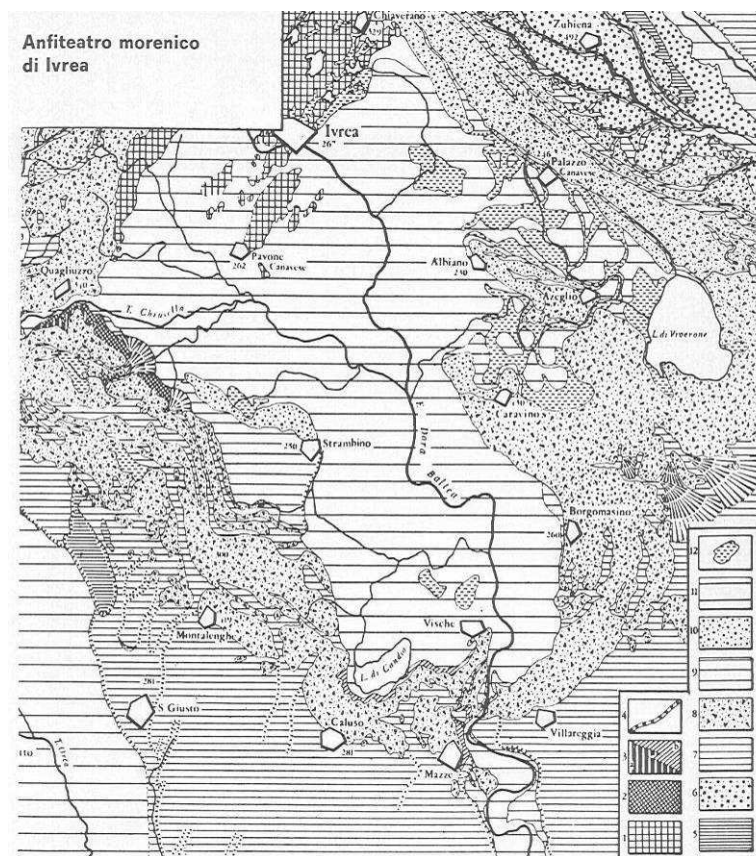


Fig. 3.5.3 – Carta geologica dell’anfiteatro morenico di Ivrea (Carraro et Al., 1975). 1 = basamento cristallino; 2 = sabbie ricche in molluschi del Pliocene; 3 = depositi glaciomarini del Pliocene superiore; 4 = conglomerato di origine fluviale (Günz-Mindel); 5 = depositi fluvioglaciali del Mindel; 6 = morena del Mindel; 7 = depositi fluvioglaciali del Riss; 8 = merena del Riss; 9 = depositi fluvioglaciali del Wurm; 10 = morena del Wurm; 11 = depositi alluvionale recenti; 12 = depositi lacustri recenti.

Da un punto di vista idrologico, il Lago di Candia non ha immissari diretti, ma superficialmente lo raggiungono, incanalate nei fossi di drenaggio e nel reticolo di irrigazione e non incanalate, le acque di scorrimento provenienti dalle colline in caso di pioggia, e le acque di surplus irriguo derivante dalla rete di irrigazione, che parte dai due punti di captazione del Canale di Mazzè: Motta Ovest e Motta Est. Il bacino imbrifero del lago è pertanto artificialmente interessato da acque che hanno una provenienza

relativamente remota e che attraversando aree fortemente antropizzate sono cariche di nutrienti. Entrambe le captazioni, distanti l'una dall'altra poco meno di 100 m, e interessano la porzione nord della Valle della Motta, interamente compresa nel bacino imbrifero del lago.

Il Reticolo Motta Ovest: è l'insieme dei fossi di irrigazione della prima captazione (di monte) dal Canale di Mazzè.

Il Reticolo Motta Est: è l'insieme dei fossi di irrigazione della prima captazione (di valle) dal Canale di Mazzè.

Entrambi i reticoli svolgono anche funzione di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche. L'area è fortemente caratterizzata dalla presenza dell'agricoltura, prevalentemente a seminativo. Il periodo irriguo va dal 15 Maggio al 15 Settembre per 30 ore settimana⁻¹. Il prelievo complessivo è di 160 l sec⁻¹. Tutte le acque in eccesso, sia di origine irrigua che meteorica sono scaricate nel lago.

Risulta quindi che la maggior parte dell'influenza idrologica avviene per via sotterranea.

In letteratura non si sono reperiti studi che in precedenza abbiano affrontato il problema in maniera organica, ad eccezione, del contributo che può essere tratto da uno studio effettuato dal Comune di Barone Canavese. In tale relazione viene illustrata una carta che indica l'andamento piezometrico a scala provinciale (1:25.000) dell'acquifero profondo nell'area di studio.

Da tale lettura emerge che si tratta di depositi di età pliocenica corrispondenti ad un'alternanza fra livelli argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi a buona permeabilità. La profondità a cui si ubicano questi sedimenti è variabile localmente tra i 50 e 70 m di profondità estendendosi di almeno 200 m dal piano campagna. In località Barone la profondità di tale falda supera gli 80 m.

Sempre in tale relazione viene indicata l'esistenza anche di una falda superficiale che viene definita sospesa in quanto le viene attribuito un carattere di discontinuità. Dall'analisi delle carte piezometriche allegata a tale relazione emerge un andamento del flusso della falda profonda in direzione Ovest-Est. L'analisi delle quote piezometriche mostra un livello della tavola d'acqua che non dovrebbe alimentare direttamente il lago in quanto il livello della falda, in prossimità del fondo della conca lacustre, risulta al di sotto di una decina di metri.

Un approfondimento in questo contesto è stato effettuato dal CNR ISE negli anni (2002-2004), attraverso uno studio mirato all'approfondimento delle conoscenze idrogeologiche del bacino del Lago di Candia, all'interno del progetto MiCaRi (*Miglioramento della Capacità ricettiva dei Corpi Idrici*). Tale studio ha riguardato la raccolta di informazioni stratigrafiche e una campagna di misura dell'altezza della falda in 19 pozzi, durante l'anno 2003, con la realizzazione di una carta informativa ma non esaustiva delle caratteristiche idrogeologiche della zona indagata.

E' risultato che il gradiente idraulico è più accentuato lungo le pendici dei cordoni morenici, mentre degrada, con l'avvicinarsi alle sponde del lago, probabilmente, a seguito, della riduzione di permeabilità o trasmissività dovuta alle deposizioni alluvionali a matrice argillosa, come può essere dedotto dalla carta litologica. Per quanto riguarda il fronte d'acqua in uscita dal lago, si può notare, a Nord in località Vische, ove il terreno è completamente pianeggiante, esso drena il lago verso la falda con un gradiente molto basso a seguito di coltri argillose spesse e continue come può essere rilevato dalla stratigrafia. Un quadro di questo tipo viene confermato anche dall'orientamento dell'emissario e risulta seguire la forma della conca lacustre la cui genesi ne dovrebbe essere direttamente connessa. Le informazioni raccolte ed elaborate possono essere considerate rappresentative della falda superficiale, in quanto nella redazione della stessa

non sono stati considerati quei pozzi che afferivano direttamente dalla falda profonda. Inoltre, vista la complessità ed irregolarità dei setti divisorii che separano le varie unità, possiamo definire la falda superficiale che alimenta il Lago di Candia, di tipo multistrato in quanto costituita da unità ospitate da intercalazioni ghiaiose, separate da setti spesso discontinui, che possono far ragionevolmente ipotizzare una relazione diretta con la falda profonda. E' stato comunque, possibile ipotizzare un modello concettuale con estensione areale a livello di anfiteatro morenico, costituito, dal basso, da due gruppi acquiferi distinti e da un acquiclude, che occupa la parte di "conca morenica" circostante il lago di Candia. L'acquiclude è formato dai sedimenti più francamente lacustri, poco permeabili, della parte superiore dei depositi ghiaioso – sabbioso – argillosi fluvio – glaciali "würmiani" e depositi lacustri "würmiani" ed "olocenici".

Il primo e più elevato gruppo acquifero è costituito dai sedimenti morenici "rissiani" della zona di Caluso, che presenta caratteri di acquifero libero con risorse idriche trascurabili (Carraro, 1985) e caratteri di acquifero in pressione sotto i depositi fluvio – glaciali e lacustri "würmiani" ed "olocenici" poco permeabili, che fungono da tampone per le sue acque. Tale gruppo acquifero, sempre secondo Carraro darebbe luogo alle risorgive presenti nel lago di Candia. A questo primo gruppo acquifero appartengono anche: i) gli strati acquiferi contenuti nei sedimenti morenici "rissiani" della zona di Barone Canavese, che qui presentano caratteri di acquifero libero mentre presentano caratteri di acquifero in pressione sotto il lago di Candia (Chiusano, 1989); ii) nella zona di Mazzè, la parte profonda e grossolana del fluvioglaciale Würm e, sottoposti ad esso, i depositi conglomeratici poligenici fluviali molto potenti dell'interglaciale Günz – Mindel (Piovano, 1976). Il livello di base di tale gruppo acquifero è con ogni probabilità costituito dal livello delle acque della Dora Riparia.

Un secondo gruppo acquifero, in pressione, è installato nei depositi glacio – marini quaternari e marini pliocenici (Chiusano, 1989).

In base ai dati a disposizione non si sono potuti tratteggiare i panneggi piezometrici di nessuno dei due gruppi acquiferi, ma si può comunque affermare in base a considerazioni idrostratigrafiche che:

1. ipotizzando che la Dora Baltea rappresenti il suo livello di base, il primo gruppo acquifero ha flusso orientato in direzione NE, come già evidenziato da Carraro in base a considerazioni di carattere geomorfologico; esso presenta a) carattere di acquifero libero sulle cerchie moreniche rissiane di Caluso, Barone Canavese e Candia Canavese, le quali costituiscono anche la sua area di ricarica b) carattere di acquifero in pressione sotto ai depositi fini dell'acquiclude più sopra descritto;
2. il secondo gruppo acquifero, essendo contenuto in formazioni rocciose a più ampia estensione areale, può avere direzioni di flusso anche diverse rispetto al primo; infatti risulta, da una ricostruzione del pannello piezometrico che esso ha il flusso orientato a S-SE, e che la sua zona di alimentazione (area di ricarica) è legata ai bacini dell'arco alpino, con zone di infiltrazione distanti dall'area in esame (Piovano, 1989).

Il modello concettuale idrogeologico più sopra illustrato permette di affermare, pur senza poter quantificare un bilancio idrologico tra falda e lago di Candia, che il lago di Candia è alimentato, in modo preponderante, attraverso le due risorgive aperte sul suo fondo, che lo collegano idraulicamente al primo gruppo acquifero; inoltre il lago di Candia ha rapporti trascurabili di mutuo interscambio per filtrazione con i terreni ad esso prospicienti. Le acque del secondo gruppo acquifero, messo in collegamento idraulico con il primo dalle perforazioni dei pozzi profondi della zona, possono contribuire saltuariamente, a seconda

dell'andamento delle quote piezometriche nei due acquiferi, all'alimentazione del lago di Candia.

Caratterizzazione socio-economica

Il Lago di Candia si trova situato all'interno della provincia di Torino, caratterizzato dai centri abitati di Candia Canavese, Caluso e Mazzè. I comuni che si affacciano sul lago sono Mazzè, Vische e Candia Canavese. Quest'ultimo presenta una popolazione di 1.302 abitanti, in lievissima diminuzione rispetto al precedente censimento. Scarsa risulta la presenza di seconde case. Il lago è classificato come Sito di Importanza Comunitaria poiché rappresenta una tra le più importanti zone umide del Piemonte. I numerosi e singolari elementi naturalistici (la presenza del tarabusino e dell'airone rosso per quanto riguarda la fauna; la crescita della castagna d'acqua per quanto riguarda la flora) lo rendono un'interessante meta turistica. L'Ente Parco, pur puntando su un continuo sviluppo economico dell'area, si pone come elemento di tutela del territorio; lo scopo è quello di accrescere le possibilità di fruizione turistica eco-compatibile. Sulle rive del lago è presente un campeggio e ci sono alcuni stabilimenti balneari; è possibile inoltre praticare sia la pesca che il canottaggio. Non esistono distretti industriali in zona ed anche l'attività produttiva è assai scarsa.



Lago di Candia, zona verde della canottieri



Lago di Candia

Non ci sono particolari incidenze antropiche da segnalare; non sono presenti prelievi diretti a lago, né prelievi significativi attualmente censiti all'interno del bacino imbrifero.

Nel bacino imbrifero esiste una duplice rete fognaria che raccoglie i reflui civili di Candia Canavese e della Frazione Barengo del Comune di Mazzè. La rete fognaria del Comune di Candia Canavese, fa parte del Consorzio Acque Reflue di Strambino e raccoglie gli scarichi del paese (1.200 ab) e quelli di 4 insediamenti civili, di 2 ristoranti e 3 chioschi di ristoro presenti sulla riva del lago. La porzione di rete all'interno dell'abitato di Candia riceve anche gli apporti derivanti dalle precipitazioni meteoriche mentre il collettore sulla riva del lago riceve soltanto acque nere. I reflui sono trattati in un unico impianto di depurazione situato all'esterno del bacino imbrifero lacustre, nei pressi della Palude di Candia, e quindi scaricati nel Fosso Traversaro, emissario prima del Lago di Candia e poi della Palude di Candia, affluente del Fiume Dora Baltea. Sulla riva del lago, all'interno dei confini territoriali del Comune di Candia, insistono anche 2 Chalet, dotati di vasca a tenuta. Per quanto riguarda la rete fognaria della Frazione Barengo del Comune di

Mazzè, essa fa parte del Consorzio Acque Reflue di Caluso e raccoglie soltanto le acque nere del centro abitato e di alcune case e cascinali sparsi della frazione, per un totale di 150 abitanti. La rete si allaccia fuori bacino ad un più vasto sistema di collettamento che raccoglie i reflui dei centri abitati del capoluogo Mazzè, di Caluso, di Orio e di Barone, tutti situati all'esterno del bacino imbrifero del Lago di Candia. I reflui confluiscono in un impianto di depurazione situato all'esterno del bacino imbrifero lacustre, in località Casale di Mazzè, e poi scaricati direttamente nella Dora Baltea. All'interno dei confini territoriali del Comune di Mazzè, sono presenti anche 1 ristorante, 1 chiosco e 1 abitazione sulla riva del lago oltre a 1 abitazione nei pressi della C.na Palantina. Tutti questi insediamenti sono dotati di vasca a tenuta. Per quanto riguarda i dati relativi agli scarichi civili e non, presenti nel bacino si riportano le tabelle 3.5.2 – 3.5.6 che indicano l'attuale totalità delle incidenze degli scarichi sul bacino e sul lago.
(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi/).

Tab. 3.5.2 – Scarico a lago da rete fognaria.

Popolazione insediata sul bacino drenante	Popolazione totale collettata		Popolazione totale trattata				Popolazione non collettata
	[abitanti]	% su popolazione insediata	N° impianti presenti nell'area afferente al lago	N° impianti che trattano gli abitanti insediati nel bacino afferente al lago [non appartenenti alle aree drenanti]	[abitanti]	% su popolazione insediata	
1422	1351	95.00%	3	1 [2]	1240	87.00%	71

Tab. 3.5.3 - Stima dei carichi di origine civile non trattati.

	Stima dei carichi in uscita [t/a]			
	BOD5	COD	Ptot	Ntot
Carichi non trattati ma collettati con recapito in acque superficiali	0,0	0,0	0,00	0,0
Carichi non trattati ma collettati con recapito su suolo	0,0	0,0	0,00	0,0
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito in acque sup.	0,5	1,0	0,01	0,1
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito su suolo	1,1	2,3	0,03	0,2
Totale	1,6	3,3	0,04	0,3

Nessun scarico di origine produttiva è censito sul bacino drenante del lago, né sul lago stesso.

Per quanto riguarda gli scarichi agricoli è presente un unico scarico che convoglia al lago, in località "Ristorante La Barcaccia", l'eccedenza del prelievo di acque irrigue dal Canale di Mazzè, derivazione del Canale di Caluso.

All'interno del periodo di prelievo stagionale, che va dal 15 Maggio al 15 Settembre, l'entità di questo scarico varia in funzione della quantità di acqua effettivamente usata rispetto alla quantità erogata dal Consorzio che è di 160 l sec⁻¹ per 30 ore settimana⁻¹; esso può oscillare tra 0 e 50 l sec⁻¹ all'interno del periodo di erogazione.

Gli scarichi di origine zootecnica sono imputabili alla presenza di 6 aziende comprese nei confini territoriali della frazione Barengo del Comune di Mazzè che allevano complessivamente 190 capi di bovini. I reflui sono accumulati in vasche a tenuta e successivamente smaltiti come fertilizzante in agricoltura all'interno del bacino del Lago di Candia, generando pertanto carichi di nutrienti diffusi.

Tab. 3.5.4 - Stima degli apporti al lago da sorgenti diffuse di inquinamento.

Azoto	Carichi potenziali	Carichi effettivi runoff *	Carichi diretti al lago
	[t/anno]	[t/anno]	[t/anno]
Agricoltura	91,83	--	--
Zootecnia	11,72	--	--
Apporto meteorico	24,73	--	3,97
Totali	128,27	9,56	3,97

Fosforo	Carichi potenziali	Carichi effettivi runoff *	Carichi diretti al lago
	[t/anno]	[t/anno]	[t/anno]
Agricoltura	13,18	--	--
Zootecnia	5,46	--	--
Apporto meteorico	0,17	--	0,027
Totali	18,81	1,34	0,027

* la stima dei carichi effettivi da run-off deriva da metodologia applicata a scala regionale

Tab. 3.5.5 - Stima dei carichi totali afferenti al lago da scarichi puntuali e inquinamento diffuso.

Origine puntuale			Origine diffusa		
	P	N		P	N
	[t/a]	[t/a]		[t/a]	[t/a]
Scarichi fognari trattati	0,71	2,85	Agricola	--	--
Scarichi non trattati	0,01	0,10	Zootecnica	--	--
Scarichi diretti da insediamenti produttivi	0,00	0,00	Meteorica	--	--
Totale origine puntuale	0,73	2,94	Totale origine diffusa	1,37	13,53

Tab.3.5.6 - Carico totale dei nutrienti afferenti al lago (origine puntuale + origine diffusa).

	P [t/a]	N [t/a]
Carico annuo totale	2,09	16,48
Carico massimo ammissibile teorico	0.414*	n.d.
Fattore limitante i processi di eutrofizzazione	Fosforo	

*valore di riferimento per laghi oligotrofi, metodo OECD (Gaggino et al., 1987)

Trend evolutivo dello stato trofico del lago

Le prime informazioni sullo stato trofico del Lago di Candia risalgono al 1976 quando l'Istituto di Ricerca sulle Acque nell'ambito di un'ampia indagine condotta su 73 laghi italiani (IRSA, 1980) classifica questo lago come mesotrofo avendo concentrazioni di P comprese tra 21 e 60 µg P/l. Nei primi anni ottanta lo stato di avanzata eutrofizzazione del lago (Giussani et al., 1980; de Bernardi et al., 1984) definito dai valori di trasparenza, fosforo e clorofilla, provocò consistenti morie di pesci che richiesero interventi immediati al fine di ridurre l'elevata produttività e rallentare i naturali processi di invecchiamento. Dapprima furono considerate le principali fonti di nutrienti, individuate negli apporti del dilavamento dei terreni agricoli circostanti (carico esterno) e nel rilascio ad opera dei sedimenti (carico interno) quindi furono proposte delle strategie mirate al suo recupero ambientale.

Tra il 1986 e il 1996 si effettuarono interventi di biomanipolazione e di diversione degli scarichi che hanno portato ad un progressivo miglioramento della situazione con il dimezzamento dei valori di fosforo totale nell'acqua del lago e la drastica riduzione dei tenori di clorofilla (da 42 µg/l nel 1986 a 32 µg/l nel 1996) e di trasparenza (da -2,3 m nel 1986 a -3,6 m nel 1996), nonostante ciò, lo stato trofico attuale rimane comunque piuttosto elevato. Bisogna sottolineare però che il lago di Candia si trova in una fase di avanzata maturità e quindi di naturale tendenza all'eutrofia. Le analisi paleolimnologiche (Lami *et al.*, 2000) hanno dimostrato che lo stato trofico del lago nel passato era inferiore a quello

attuale ma variava in funzione della variabilità climatica regionale. L'attività di recupero ambientale intrapresa sul Lago di Candia tra il 1986 e il 1996 ha permesso una regressione del fenomeno dell'eutrofizzazione.



Lago di Candia, piante acquatiche e pioppeto



Lago di Candia, piante acquatiche e canneto



Lago di Candia, vegetazione spondale



Lago di Candia, piante acquatiche

Fra gli indicatori di stato trofico il fosforo è quello la cui tendenza alla diminuzione è stata meno evidente infatti in questo arco di tempo la concentrazione media annua di fosforo totale è variata solo di poco mantenendo valori prossimi a 30 $\mu\text{g P/l}$ comunque dimezzati rispetto ai primi anni ottanta (65 $\mu\text{gP/l}$ nel 1983).

Analisi delle criticità/problematiche quali-quantitative in relazione allo stato del lago
[\(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi/\)](http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi/)

- 1) Gli apporti antropici al lago sono stati fortemente limitati dalla diversione degli scarichi afferenti al lago verso il depuratore di Candia, le restanti abitazioni rivierasche non collettate sono dotate di sistemi di smaltimento con vasche a tenuta stagna. Gli apporti di nutrienti derivano in parte ancora dal malfunzionamento della rete fognaria che durante prolungati periodi di pioggia scarica i volumi in eccesso tramite i troppo pieni (tale apporto di nutrienti non è stato ancora stimato e non è al momento conosciuto), dal dilavamento del bacino idrografico e dalle precipitazioni. Le principali criticità del Lago di Candia sembrano connesse alle condizioni di eutrofia del lago. In ogni caso il carico puntuale non sembra essere l'elemento critico per la trofia. Unico corso d'acqua potenziale veicolo di nutrienti e contaminazioni microbiologiche

sembra essere il Rio della Motta, presso la località Barcaccia. In realtà grazie agli interventi di diversione degli scarichi e di biomanipolazione avvenuti sin dalla fine degli anni ottanta la situazione è notevolmente migliorata tanto che si è assistito ad un dimezzamento del fosforo totale e a una diminuzione della concentrazione di Clorofilla "a" e a un aumento della trasparenza e dell'ossigeno disciolto nell'ipolimnio. Tuttora lo stato trofico del lago è comunque elevato (mesotrofo-eutrofo) tanto che il fosforo totale è risultato, nell'ultimo biennio, di circa 31 µg/l (valore medio su quasi 100 campioni), i valori di Clorofilla "a" sono ancora alti e a inizio primavera e fine estate le fioriture algali possono causare un aumento dei valori di pH e una forte sovrassaturazione dell'ossigeno in superficie con conseguente inagibilità per la balneazione. Inoltre in prossimità dei sedimenti si instaurano condizioni anossiche che portano ad una marcata attività di fermentazione anaerobica sul fondo con produzione di nutrienti algali, solfuri e metano. Il mantenimento dell'attuale stato trofico del lago sembra determinato principalmente dal carico interno anche se non è conosciuto (rilascio dai sedimenti, sorgenti interne) e dagli apporti diffusi di origine agricola, mentre il ruolo degli apporti urbani è secondario e limitato agli insediamenti rivieraschi. Le analisi paleolimnologiche hanno mostrato, attraverso l'esame dei sedimenti lacustri, che lo stato trofico del lago nel passato era inferiore a quello attuale, ma variava in funzione della variabilità climatica regionale.

- 2) Da un punto di vista batteriologico la situazione attorno al lago è sufficientemente sotto controllo, in quanto la quasi totalità delle case rivierasche è dotata di sistemi di smaltimento a tenuta stagna o è allacciata alla rete fognaria di Candia. In realtà in occasione di forti piogge il sistema fognario diventa inefficiente scaricando le acque a lago e causa un deterioramento della qualità batteriologica, determinando l'inagibilità delle stazioni monitorate per inquinamento da coliformi. La situazione è critica anche in corrispondenza del periodo di massima circolazione del lago quando a causa del trasporto in superficie delle acque ipolimniche si può avere un aumento delle concentrazione di Coliformi totali e pertanto il superamento dei limiti di legge. Si segnala, quale situazioni che potenzialmente può provocare un deterioramento della qualità delle acque, l'occasionale svuotamento delle vasche a tenuta delle case rivierasche. Nel 2002 in primavera si è verificata una situazione anomala con presenza di salmonelle, coliformi e streptococchi in località Barcaccia probabilmente veicolati dall'immissario Rio Motta. In ogni caso questa stazione è risultata la più vulnerabile ad un inquinamento di tipo batteriologico.
- 3) E' stata segnalata la presenza di numerosi individui di nutria che interferiscono pesantemente sull'asportazione della Trapa natans (Castagna d'acqua) e delle altre macrofite sommerse, oggetto di prelievo per il controllo della trofia lacustre (biomanipolazione).
- 4) Apporto di nutrienti attraverso l'afflusso sotterraneo (falda).

Programma di misure

(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi/, punti 1-3)

- 1) Lo stato trofico del Lago di Candia dopo aver raggiunto i livelli massimi tra il 1960 e il 1980, in seguito a interventi di biomanipolazione e di diversione degli scarichi è notevolmente migliorato. Tuttavia il lago permane in una situazione di trofia tale da causare dei problemi per la balneabilità nei momenti più critici dell'anno (tarda primavera e fine estate). Per un ulteriore miglioramento dello stato trofico sarebbe

quindi necessario agire sul carico diffuso e in particolare su quello proveniente dal comparto agricolo, a tal fine sarebbe opportuno limitare l'uso dei fertilizzanti soprattutto sui terreni agricoli a ridosso della sponda meridionale e occidentale del lago o addirittura convertire le colture agricole con altre che non necessitano di fertilizzazione, in quanto, attualmente sono destinate a mais.

- 2) La non balneabilità del lago è attribuibile, oltre che al superamento dei limiti di legge per i valori di pH e di ossigeno disciolto, in tarda estate, anche ad un inquinamento di tipo microbiologico. Per tale motivo occorrerebbe individuare i principali elementi potenzialmente influenti sullo stato microbiologico attraverso un monitoraggio specifico. Inoltre è necessario l'allacciamento alla rete fognaria delle abitazioni non ancora coltate e risolvere i problemi dovuti alle inefficienze del sistema fognario malfunzionante.
- 3) Continuare l'attività di biomanipolazione dallo specchio lacustre per la riduzione della trofia, mediante lo sfalcio periodico delle macrofite acquatiche sommerse e il controllo della fauna ittica planctivora.
- 4) Gli obiettivi che il Parco Naturale Provinciale del Lago di Candia si propone di raggiungere, sono la tutela delle caratteristiche naturali, paesaggistiche e storiche del territorio, la riduzione delle cause di inquinamento e la promozione del territorio a fini didattico - ricreativi ed economici. (Sito Parco Lago di Candia)

Il Piano d'Area, adottato dal Consiglio Direttivo dell'Ente di Gestione nel febbraio del 2002, consentirà di intervenire sul territorio realizzando una serie di interventi prioritari tra cui:

- la conservazione e la gestione del canneto;
- lo sviluppo di un'agricoltura eco-compatibile: il progetto Amicofungo, già avviato da alcuni anni, sperimenta l'utilizzo di sistemi innovativi di fertilizzazione che consentono di ridurre i carichi di azoto e fosforo che raggiungono il lago;
- la tutela delle piante acquatiche: la raccolta parziale della castagna d'acqua ed il controllo della popolazione di nutrie consentiranno l'espansione dei popolamenti di piante sommerse e galleggianti;
- la valorizzazione della Paluetta: il dragaggio periodico dei canali e dei laghetti in essa presenti ne rallenteranno il naturale interrimento e favorirà la riproduzione e l'accrescimento di alcune specie ittiche particolarmente pregiate;
- il ripristino ecologico - naturalistico della Palude: il progetto, attraverso interventi di ingegneria idraulica, consentirà di ricreare il tipico habitat palustre, ormai scomparso da più di 70 anni;
- il recupero naturalistico della fascia retrospandale.

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento per l'analisi granulometrica di questo lago è stato condotto in un periodo precedente rispetto al campionamento biologico. A questo scopo, in primavera, sono stati effettuati prelievi in 7 diversi punti. Data la bassa profondità del bacino (ca. 8 m) non è stato possibile individuare una zona profonda per cui i punti scelti per l'analisi granulometrica sono stati selezionati casualmente, cercando di coprire tutta la superficie del lago (Tab. 3.5.7)

Tab. 3.5.7 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti per l'analisi granulometrica.

Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
		Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
St. 0	1,1	413789	5019559	45	19	27,26	7	53	59,79
St. 1	1,5	413677	5019246	45	19	17,07	7	53	54,84
St. 2	1,5	414882	5019216	45	19	16,63	7	54	50,20
St. 3	3,2	413974	5019018	45	19	9,82	7	54	8,62
St. 4	3,3	415287	5019504	45	19	26,14	7	55	8,62
St. 5	5,9	414642	5019788	45	19	35,06	7	54	38,82
St. 6	6,1	414502	5019381	45	19	21,81	7	54	32,65

Anche questo lago ha superficie ridotta, quindi si è posizionato un solo transetto. Data la bassa profondità presentata dalla cuvetta, l'uniformità della tipologia del sedimento e della fascia litorale, rappresentata solamente da canneto, si è deciso di non prevedere un campionamento per transetti, ma distribuito in modo casuale (Fig. 3.5.4)

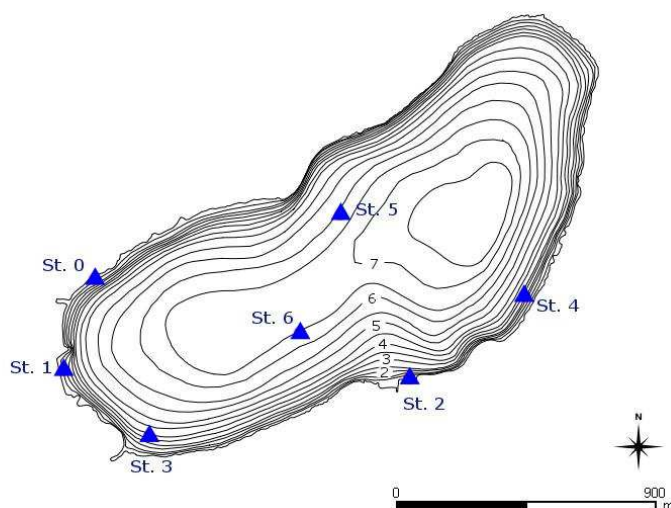


Fig. 3.5.4 - Carta batimetrica e stazioni per l'analisi granulometrica.

Durante il campionamento per l'analisi biologica si è ridotto notevolmente il numero di punti di campionamento rispetto a quelli effettuati per l'analisi granulometrica, in quanto il sedimento in esame è risultato uniforme. Si sono così considerate le sole fasce litorale e sub-litorale rappresentate nel lago dalla zona a canneto e dalla zona alla massima profondità.

In campo si è poi deciso di disporre le stazioni di campionamento biologico lungo un asse immaginario che collegava i due punti litorali al punto di massima profondità, attraversando il lago per tutta la sua lunghezza. Inoltre, la stazione litorale situata lungo la sponda occidentale è situata nei pressi dell'immissario (Tab. 3.5.8)

Il campionamento per le analisi chimiche è stato effettuato da ARPA Piemonte, sede di Ivrea, negli stessi punti del campionamento biologico. Le analisi sono state effettuate sempre dal laboratorio di ARPA Piemonte sede di Ivrea.

Tab. 3.5.8 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti per l'analisi biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	1,1	413705	5019487	45	19	24,92	7	53	56,01
	T1 St. 1	1,3	415524	5020287	45	19	51,63	7	55	19,05
	T1 St. 2	8,3	415155	5019806	45	19	35,87	7	55	2,39

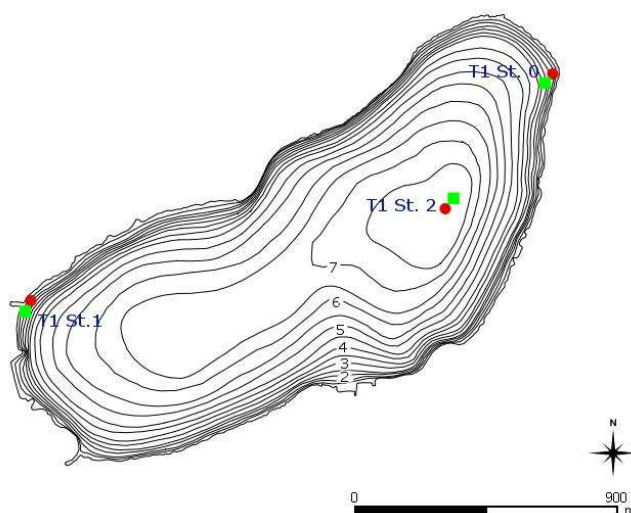


Fig. 3.5.5 - Carta batimetrica e stazioni di raccolta dei campioni biologici (●) e chimici (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

I campionamenti per il fitoplancton sul Lago di Candia sono stati effettuati nel corso del 2010, nelle seguenti date: 23 Marzo, 27 Aprile, 26 Maggio, 20 Luglio, 28 Settembre, 27 Ottobre. Inoltre, un profilo verticale di fluorescenza è stato effettuato il 16 Maggio 2011.

I campioni sono sempre stati raccolti in corrispondenza del punto di massima profondità 7.5 m. (Fig. 3.5.6).

Non si segnalano particolari criticità.

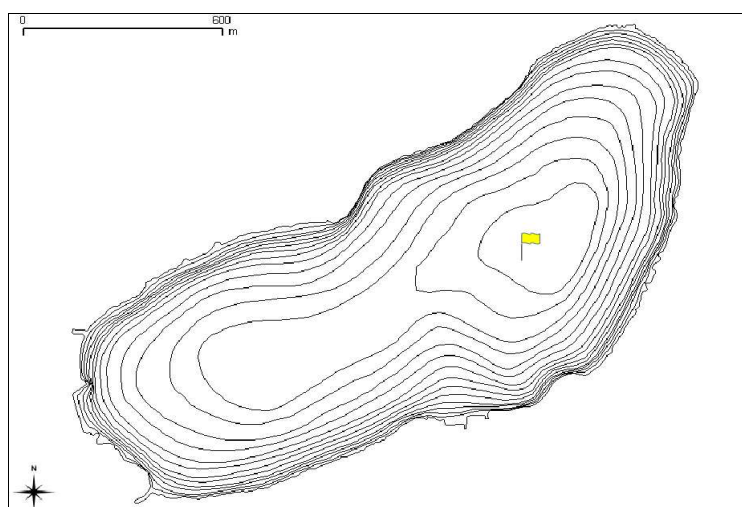


Fig. 3.5.6 - Mappa batimetrica del Lago di Candia. La bandiera gialla indica la posizione della stazione di campionamento.

Macrofite

Il lago di Candia è stato campionato a luglio di quest'anno (2011); le specie presenti non sono state ancora classificate e i dati raccolti non sono stati ancora elaborati; di conseguenza non è stato possibile effettuare una descrizione di questo lago completa e significativa.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica verrà effettuato all'inizio dell'estate del 2012

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

Il Lago di Candia è stato indagato il 26 luglio 2011. Anche per questo lago i punti di indagine sono stati 10, come da protocollo, disposti secondo quanto riportato in figura 3.5.7. La scheda di campo è stata compilata completamente e non si sono rilevate difficoltà o problemi durante l'indagine.

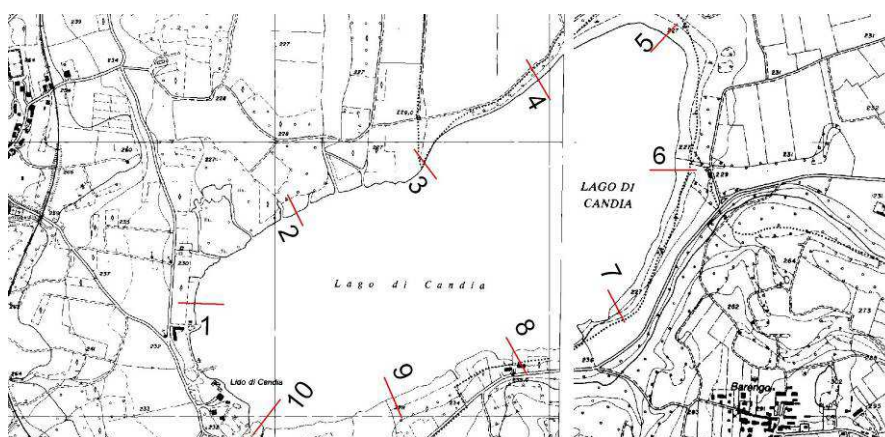


Fig. 3.5.7 – Punti di applicazione del metodo LHS.

I punti di applicazione sono indicati in figura 3.5.7 con la linea rossa e sono stati numerati per poter ritrovare sul posto la loro posizione attraverso uno strumento GPS. Nella tabella 3.5.9 si riportano le coordinate dei punti di indagine.

Tab. 3.5.9 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD	Lat_Decimale	Long_Decimale	Latitudine	Longitudine
1	413705,72244	5019392,39496	45,3227297	7,898907975	45 19 21.82	7 53 56.06
2	414048,82157	5019732,98054	45,32583703	7,90322587	45 19 33.01	7 54 11.61
3	414521,36835	5019901,38816	45,32741042	7,909225579	45 19 38.67	7 54 33.21
4	414933,59001	5020209,29764	45,33023168	7,914431961	45 19 48.83	7 54 51.95
7	415217,62079	5019383,59754	45,32283495	7,918197417	45 19 22.20	7 55 5.51
8	414854,41329	5019202,62218	45,3211622	7,913594945	45 19 16.18	7 54 48.94
5	415391,05551	5020361,36721	45,33165563	7,920242817	45 19 53.96	7 55 12.87
6	415424,98839	5019880,02302	45,32732773	7,920758065	45 19 38.38	7 55 14.72
9	414404,48843	5019049,29583	45,31972753	7,907881741	45 19 11.01	7 54 28.37
10	413943,25261	5018977,65975	45,31902637	7,902010342	45 19 8.49	7 54 7.23 112

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 7-8). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 3.5.

Per quanto riguarda il Lago di Candia, Parco Provinciale, sono da segnalare come impatti principali sulla riva, la presenza di una zona ristoro, ristorante la "Barcaccia" e in misura minore il pontile in legno della "Canottieri". La maggior parte della sponda risulta costituita da canneto e piante igrofile. Nella zona riparia si segnalano come impatti di uso del suolo una piantagione di pioppi e le due aree ristoro sopra citate; da un punto di vista di habitat si segnalano la presenza di un'ampia zona umida che collega il lago alla palude, in direzione nord-ovest e "lanche" a canneto. Non sempre è stato possibile individuare in modo chiaro le caratteristiche e il materiale della zona litorale, a causa della bassa trasparenza dell'acqua, ma si sono individuate macrofite e substrato a materiale fine limo-sabbioso.

3.6 LAGO DI VIVERONE

Inquadramento geografico e morfometria

Il Lago di Viverone, o d'Azeglio, è situato nel Piemonte nord-occidentale tra le province di Torino e Biella e in parte di Vercelli. Insieme ai laghi Maggiore, Orta, Mergozzo, Candia, Avigliana, Trana e Sirio, costituisce uno degli 8 laghi piemontesi pedemontani con superficie $> 0,2 \text{ km}^2$ e insieme ai laghi Bertignano, Candia, Alice Superiore e Meugliano rappresenta uno dei 5 laghi dell'anfiteatro morenico d'Ivrea. (Calderoni et al. , 2006).

Il bacino imbrifero del lago di Viverone ha un'altitudine compresa tra i 230 m s.l.m. (quota media del lago) e 529 m s.l.m (quota massima del bacino) e una superficie di 21,4 km² (esclusa la cuvetta lacustre); la quota media del bacino è di 275 m s.l.m.. Il lago ha una forma irregolarmente ellittica con una lunghezza massima di 3,3 km, secondo l'asse N-S ed una larghezza massima di 2,3 km secondo l'asse E-W; la sua superficie è di 5,73 km²; il rapporto tra l'area del bacino imbrifero e quella del lago è 3,7; il volume alla quota medi di 230 m s.l.m. è di 131,5 Mm³. (Calderoni et al. 2006).

Parte del lago di Viverone è una Zona a Protezione Speciale (ZPS) e all'interno del suo bacino imbrifero sono presenti due SIC, una parte della Serra di Ivrea e il lago di Bertignano, per un totale di 19,05 km² di area protetta.

In figura 3.6.1 è riportato il bacino imbrifero del lago di Viverone, Cartografia Tecnica Regionale fogli n°115130 e 136010, unitamente alla foto aerea del lago.

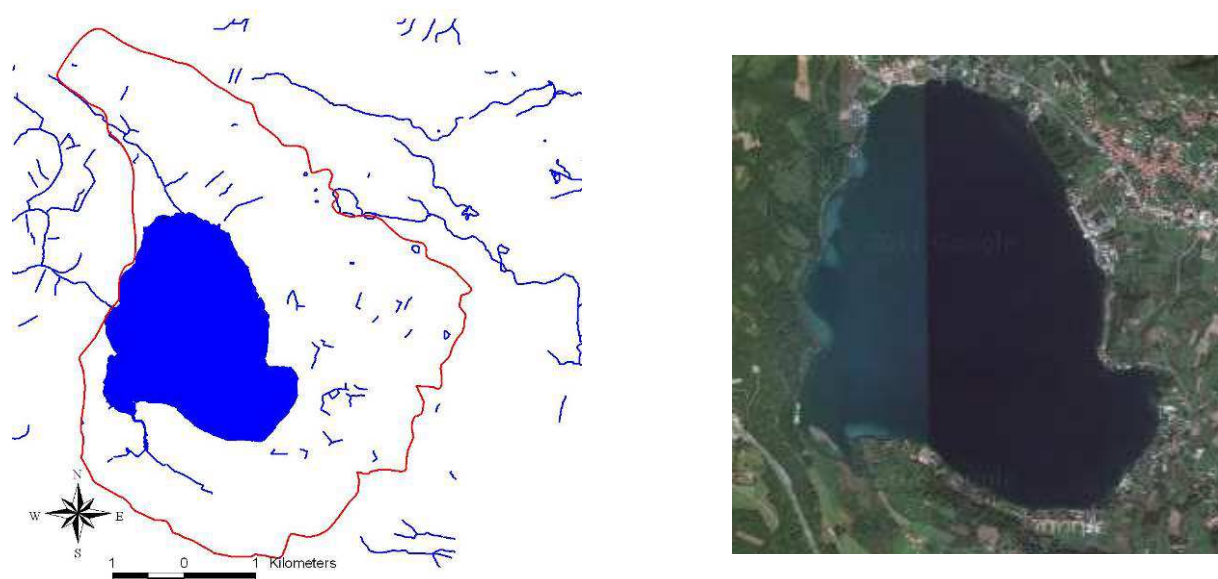


Fig. 3.6.1 – Lago di Viverone e suo bacino imbrifero. CTR 1: 10'000 e foto aerea. La foto aerea è stata scaricata da GoogleEarth.

La profondità massima è di 50 m e quella media di 22,5 m; le isobate mostrano una pendenza modesta fino ai primi 8 m circa (80% dell'area totale), un lieve aumento fino ai 26 m (corrispondente al 40% dell'area massima) e una pendenza un po' più elevata al di sotto di tale profondità, ma nel complesso la conca lacustre evidenzia una pendenza abbastanza uniforme. Il lago risulta essere piuttosto profondo rispetto alla sua superficie.



La superficie del Lago di Viverone, a differenza di altri laghi piemontesi, non si ricopre di ghiaccio; è un lago monomittico caldo, caratterizzato da un unico periodo di circolazione completa che inizia intorno al mese di dicembre e continua fino alla primavera, con temperature comprese tra 4 e 6°C (Calderoni et al. 2006).

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Il bacino imbrifero del lago di Viverone è situato all'interno dell'anfiteatro morenico di Ivrea, che per dimensioni è secondo solo a quello del Garda.

(http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

La parte frontale dell'anfiteatro è composta da tre archi principali (laterale che comprende il lago, intermedio e assiale) separati da cordoni morenici, che rappresentano i resti di cerchie moreniche più interne (Calderoni et al. 2006).

Nella parte più a Nord dell'anfiteatro il substrato è costituito da rocce cristalline, appartenenti a tre unità strutturali della Regione Alpina:

- 1) zona Sesia-Lanzo: contraddistinta da rocce polimetamorfiche, caratterizzate da associazioni mineralogiche quarzo-granito-pirososno giadetico;
- 2) zona Canavese: rappresentata da basamenti cristallini d'età pre-permiana;
- 3) zona Ivrea-Verbanò: caratterizzata da rocce di origine profonda e di alto grado metamorfico, contraddistinte da associazioni mineralogiche in facies granulitica o anfibolitica.

Nel tratto intermedio invece l'anfiteatro poggia su un deposito sedimentario di sabbie marine fossilifere di color grigio-giallastro.

Il bacino imbrifero del lago può essere suddiviso in differenti settori, caratterizzati rispettivamente da impieghi diversi del suolo:

- a) Depositi fluviali lacustri e poligenici, con pH neutro (compreso tra 6,6 e 7,3). La falda permanente si pone tra 60 cm e la superficie, con un drenaggio lento ed imperfetto.
- b) Depositi fluvio-glaciali e fluviali, poligenici, con pH acido ($\leq 6,5$). La falda permanente è collocata nei primi 60 cm, con un drenaggio normale.
- c) Depositi fluviali poligenici, in superficie sub-pianeggianti con pH acido ($\leq 6,5$). La falda permanente è situata tra 60 e 90 cm di profondità.
- d) Depositi lacustri e/o palustri, torbosi, con pH acido ($\leq 6,5$).
- e) Depositi glaciali, poligenici, con assenza di falda, drenaggio normale, e pH da acido a neutro ($\text{pH} \leq 7,3$).

I depositi fluviali poligenici, che caratterizzano le aree più pianeggianti del bacino imbrifero del lago, vengono oggi utilizzati prevalentemente come terreni agricoli (frutteti e culture a solchi) e costituiscono quasi il 50% dell'intera area occupata dal bacino. La zona boscata invece, che rappresenta il 39% dell'intera superficie è prevalentemente presente sui rilievi morenici in prossimità del limite del bacino. La superficie rimanente ($2,48 \text{ km}^2$) è occupata da aree edificate e prati incolti che coprono rispettivamente il 10,3 % e l'1,2 %. Nella figura 3.6.2 è riportato l'uso del suolo da Corine Land Cover 2000 3 livello e in tabella 3.6.1 la descrizione delle tipologie presenti nel bacino del lago.

Le aree dei sottobacini di Roppolo e di Piverone sono rispettivamente di $4,8 \text{ km}^2$ e $3,9 \text{ km}^2$ e, pur presentando una diversa acclività, sono abbastanza simili per ciò che riguarda le aree edificate ed i boschi. Si diversificano invece, per quanto riguarda la presenza di frutteti/vigneti e di seminativi, con una dominanza dei primi nel sottobacino di Piverone (48,8 %), che è in buona parte distribuito lungo la Serra di Ivrea, e dei secondi nel sottobacino di Roppolo (44,4 %) che è prevalentemente pianeggiante. La porzione di bacino compresa tra i due precedenti sottobacini, indicata come bacino di Viverone, comprensivo dell'abitato di Viverone, è quella con la maggior presenza di residenti, mentre nella restante parte del bacino, indicato come bacino di Masseria, dominano il bosco ed il seminativo.

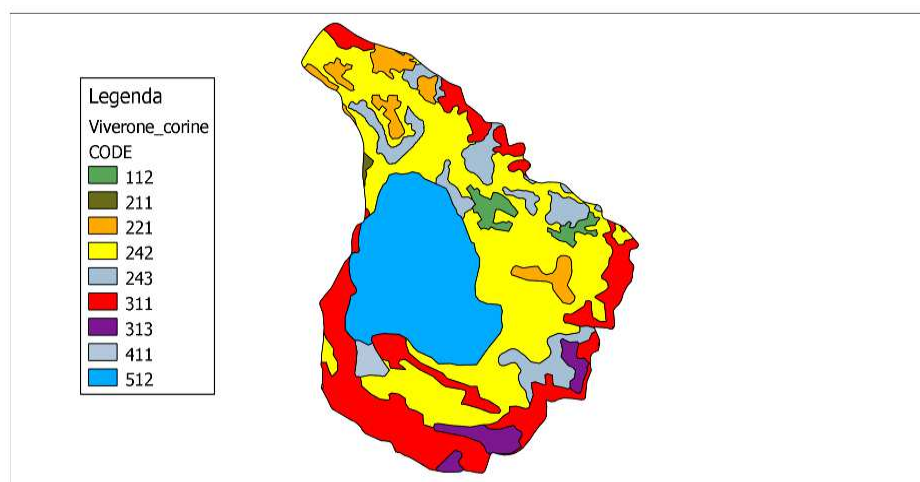


Fig. 3.6.2 – Uso del suolo da Corine Land Cover per il bacino del Lago di Viverone.

Tab. 3.6.1 - Descrizione delle categorie di uso del suolo.

Codice legenda Corine	Descrizione
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
211	Seminativi in aree non irrigue
221	Vigneti
242	Sistemi colturali e particellari complessi
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
311	Boschi di latifoglie
313	Boschi misti di conifere e latifoglie
411	Paludi interne
512	Bacini d'acqua

Caratterizzazione geomorfologica del bacino drenante e idrologia

Il bacino imbrifero del Lago di Viverone si estende tra il versante interno dei rilievi che costituiscono la Serra di Ivrea e l'arco laterale del settore frontale del noto Anfiteatro. La sua morfologia attuale è dovuta in massima parte al modellamento dei ghiacciai Quaternari e in particolare all'azione imponente del ghiacciaio Balteo che nel corso del Pleistocene (1,6 milioni-10000 anni fa) ha subito almeno tre espansioni, occupando a più riprese il bacino montano del Fiume Dora Baltea e il suo sbocco in pianura. Le tracce di queste espansioni glaciali sono riconoscibili nei tre gruppi principali di cerchi che dall'esterno verso l'interno del corpo morenico sono rappresentate da: a) Gruppo S. Michele Borgo, più antico; b) Gruppo Serra d'Ivrea; c) Gruppo Bollengo-Strambino. In particolare, nell'ambito dell'anfiteatro di Ivrea caratteristica è la poderosa dorsale rettilinea della Serra (pleistocene medio), che estesa per un'altezza di 600 m e una lunghezza di circa 15 km, va a formare la sua morena laterale sinistra e i depositi che circondano il Lago di Viverone. Quest'ultimo prende origine dalla parte più avanzata della lingua glaciale che con la sua azione escavatrice ha formato la conca in cui si sono accumulate le acque di scioglimento dei ghiacciai durante la fase Postglaciale. Le zone più pianeggianti del bacino imbrifero del Viverone, destinate essenzialmente ad uso agricolo, sono formate principalmente da depositi fluvioglaciali e fluviali mentre i rilievi collinari, occupati essenzialmente da boschi e vigneti, sono formati da depositi glaciali poligenici. (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Dal punto di vista idrografico il Lago di Viverone fa parte del bacino della Dora Baltea; il fiume influenza il reticolo superficiale e la circolazione sotterranea, che sembra presenti un asse di drenaggio principale in direzione NW-SE (Mugion *et al.* 1993-94, Giacomini 1996). Il bacino imbrifero è privo di grandi corsi d'acqua, infatti l'idrografia superficiale è costituita da una serie di canali naturali ed artificiali, segnalati localmente con il nome di rogge, che

discendono per lo più dalla parte meridionale della Serra d'Ivrea. La cuvetta lacustre non dispone di grandi immissari esterni che lo alimentano con continuità, ma l'acqua arriva da sorgive che sgorgano dal fondo lacustre o dalle rogge circostanti, come le rogge Viverone e Roppolo. L'unico emissario del lago, la Roggia Fola, si origina nel settore nord-occidentale e scorre in direzione NW fino a confluire nella Roggia Violana, provvista di notevole flusso anche in condizioni di tempo secco e che prende un percorso inizialmente orientato verso il lago da NW e poi se ne distacca con ampia curva in prossimità del Comune di Azeglio. Il corso della Roggia Violana è stato regolarizzato ad opera dell'uomo, tanto da assumere un aspetto di canale artificiale a corso lento. Lungo il suo tragitto raccoglie le acque degli affluenti minori, il cui principale è proprio l'emissario del lago, i quali sostengono un reticolo minore di solchi e colatori ad uso irriguo, provenienti dalla collina di Piverone.

Escludendo le rogge sopra citate, da oriente in senso orario, il reticolo idrografico è formato da:

- la Roggia Piverone;
- la Roggia Moglia;
- la Roggia Toelet, che convoglia acque bianche;
- la Roggia di Viverone, che convoglia acque miste;
- la Roggia Moglie, che convoglia acque miste;
- la Roggia Roppolo;
- la Roggia Riva, che convoglia saltuariamente acque di scolo;
- la Roggia Torbiera, situata in sponda Sud-Est, che convoglia acque di drenaggio.

Nel tratto intermedio il corpo morenico poggia invece su un complesso sedimentario di sabbie marine fossilifere di colore grigio-giallastro di età pliocenica inferiore. (Adorno, 1989).

L'anfiteatro consiste di una serie di depositi glaciali, fluvioglaciali e fluviali del Pleistocene medio e superiore, con soglie di affioramento del substrato roccioso nei pressi di Ivrea.

Sono presenti un acquifero superficiale, di potenza mediamente inferiore a 25 m a valle di Ivrea e maggiore a monte, e acquiferi profondi nella serie di depositi pliocenici, investigati solo localmente.

La ricarica dell'acquifero superficiale avviene attraverso l'infiltrazione della pioggia efficace che arriva al suolo, dalle zone pedemontane adiacenti e dal fondovalle alluvionale della Dora Baltea.

L'acquifero superficiale risulta drenato dalla Dora Baltea e dal Torrente Chiusella ed è caratterizzato da un significativo interscambio con il Lago di Viverone (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Il pannello piezometrico della falda superficiale dipende fortemente dalla morfologia superficiale, quindi con drenaggio verso la regione fluviale della Dora Baltea e con una elevatissima cadente piezometrica nelle zone di anfiteatro morenico interno. La soggiacenza è generalmente inferiore a 10 m sul piano campagna, con alcune situazioni di falda subaffiorante in prossimità delle regioni lacustri-palustri interne alla piana inframorenica; essa raggiunge valori massimi, superiori a 100 m sul p.c., in corrispondenza dei rilievi dell'anfiteatro morenico.

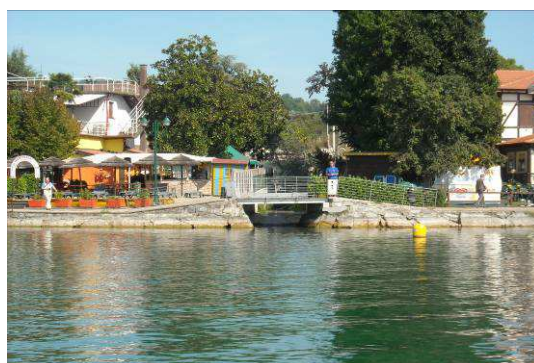
Date le caratteristiche idrogeologiche del bacino imbrifero del Lago di Viverone, la falda superficiale che interessa il Lago, è caratterizzata da un grado di vulnerabilità prevalentemente alto (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Caratterizzazione socio-economica

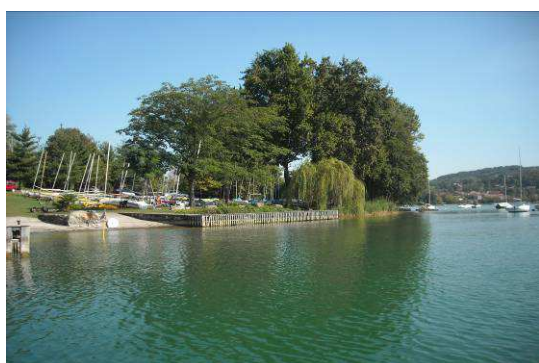
A partire dal 1970 è stata creata, su tutta la superficie, un'oasi di protezione faunistica. Il valore naturalistico del lago è molto elevato. Due sono gli elementi fondamentali che concorrono a determinare questo valore: la presenza di una ricca avifauna sia stanziale che migratoria e la conservazione di ambienti umidi annessi al lago, molto importanti per peculiari tipi di vegetazione. La zona del lago presenta infatti un paesaggio vegetale di altissimo interesse sia naturalistico, sia paesaggistico. Di sicuro interesse storico e culturale è la presenza di più villaggi palafitticoli costruiti a partire dal tardo neolitico ed in particolare nell'età del bronzo. Verosimilmente, la Via Francigena (il ramo Nord), uno dei percorsi di pellegrinaggio medioevale per Roma, passava per il lago. Lo specchio del lago di Viverone è riconosciuto anche internazionalmente come un ambiente ad elevata valenza turistica; le sue acque tranquille e le temperature miti permettono per gran parte dell'anno tutti gli sport nautici e la pesca (soprattutto del persico e del coregone). Si registra la presenza di almeno 100 posti letto ed un alto indice di specializzazione turistica con almeno 15 esercizi di ristorazione di cui molti di nota qualità; vi si trovano una decina di Hotel, 6 campeggi direttamente sul lungolago e numerosi stabilimenti balneari. Non si rilevano attività industriali consistenti.



Lago di Viverone, Viverone



Lago di Viverone, area ricreativa a Viverone



Lago di Viverone, approdo



Lago di Viverone, area attrezzata ad uso ricreativo



Lago di Viverone, campeggio e approdo



Lago di Viverone

Le produzioni agricole rivestono ancora un ruolo non trascurabile dell'economia della zona. I coltivatori locali hanno saputo mantenere le qualità di un prodotto storico come quello del vino e gli hanno affiancato una coltura moderna, quella del kiwi, che ha trovato nel clima del lago le condizioni più favorevoli per la produzione di un frutto particolarmente pregiato, il kiwi di Viverone, un frutto D.O.C. Tra i numerosi vitigni coltivati sulle colline circostanti il lago, spiccano l'Erbaluce e la Bonarda utilizzati per la produzione di vini DOC della zona. Sono anche presenti vitigni di produzione del Rosso della Serra. Il settore agroalimentare è avanzato, molti sono i produttori locali di vino e di kiwi che vendono direttamente i loro prodotti.

La superficie irrigua servita dalla concessione del Consorzio irriguo Cossano Canavese è di 250 ha. Sono in stato pratica 6 (domande) due concessioni di prelievo dal lago, ad uso igienico ed irriguo, rispettivamente pari a 0,5 m³/s e 0,42 m³/s.

Per quanto riguarda i dati relativi agli scarichi civili e non, presenti nel bacino si riportano le tabelle 3.6.2 – 3.6.8, che indicano l'attuale totalità delle incidenze degli scarichi sul bacino e sul lago. (http://www.regione.pmn.it/acqua/pianoditutela/web_pta_finale/laghi).

Tab. 3.6.2 – Scarico a lago da rete fognaria.

Popolazione insediata sul bacino drenante	Popolazione totale collettata		Popolazione totale trattata				Popolazione non collettata
	[abitanti]	% su popolazione insediata	N° impianti presenti nell'area afferente al lago	N° impianti che trattano gli abitanti insediati nel bacino afferente al lago [non appartenenti alle aree drenanti]	[abitanti]	% su popolazione insediata	
3151	3010	96%	6	3 [4]	3010	96%	141

Tab. 3.6.3 - Stima dei carichi di origine civile non trattati.

	Stima dei carichi in uscita [t/a]			
	BOD5	COD	Ptot	Ntot
Carichi non trattati ma collettati con recapito in acque superficiali	5,6	11,9	0,2	1,1
Carichi non trattati ma collettati con recapito su suolo	0,0	0,0	0,0	0,0
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito in acque sup.	0,9	2,0	0,0	0,2
Carichi non trattati perché non collettati a scarichi domestici con recapito su suolo	2,2	4,6	0,1	0,4
Totale	8,6	18,6	0,2	1,8

Tab. 3.6.4 – Scarichi da insediamenti produttivi diretti a lago potenzialmente impattanti su di esso.

Origine scarico (prevalente)	N° scarichi produttivi
Raffreddamento	1
DN19 Preparazione e concia del cuoio	2
Totale bacino	3

Tab. 3.6.5 - Stima dei carichi di origine produttiva nel bacino drenante del lago.

	N° addetti all'industria sul bacino	volumi totali annui scaricati [Mm3]	Stima carico effettivo			
			[t/a]			
Totale bacino	50	0,00	Ptot	Ntot	COD	BOD5
			0,02	0,5	1,4	0,7

Tab. 3.6.6 - Stima degli apporti al lago da sorgenti diffuse di inquinamento.

Azoto	Carichi potenziali	Carichi effettivi runoff *	Carichi diretti al lago
	[t/anno]	[t/anno]	[t/anno]
Agricoltura	139,48	--	--
Zootecnia	30,49	--	--
Apporto meteorico	62,65	--	13,58
Totali	232,62	25,90	13,58

Fosforo	Carichi potenziali	Carichi effettivi runoff *	Carichi diretti al lago
	[t/anno]	[t/anno]	[t/anno]
Agricoltura	22,24	--	--
Zootecnia	15,27	--	--
Apporto meteorico	0,43	--	0,092
Totali	37,94	3,12	0,092

* la stima dei carichi effettivi da run-off deriva da metodologia applicata a scala regionale

Tab. 3.6.7 - Stima dei carichi totali afferenti al lago da scarichi puntuali e inquinamento diffuso.

Origine puntuale			Origine diffusa		
	P	N		P	N
	[t/a]	[t/a]		[t/a]	[t/a]
Scarichi fognari trattati	1,01	9,39	Agricola	--	--
Scarichi non trattati	0,18	1,33	Zootecnica	--	--
Scarichi diretti da insediamenti produttivi	0,02	0,47	Meteorica	--	--
Totale origine puntuale	1,20	11,18	Totale origine diffusa	3,21	39,48

Tab. 3.6.8 - Carico totale dei nutrienti afferenti al lago (origine puntuale + origine diffusa).

	P [t/a]	N [t/a]
Carico annuo totale	4,40	50,70
Carico massimo ammissibile teorico	0.565*	n.d.
Fattore limitante i processi di eutrofizzazione	Fosforo	

*valore di riferimento per laghi oligotrofi, metodo OECD (Gaggino et al., 1987)

Trend evolutivo dello stato trofico del lago

I primi dati raccolti sullo stato trofico del lago di Viverone risalgono ai primi anni ottanta quando numerosi laghi italiani sono stati interessati da una serie di studi finalizzati alla definizione delle cause del fenomeno dell'eutrofizzazione. Nel periodo considerato le caratteristiche chimiche del lago mostravano una situazione di elevata compromissione delle acque evidenziata in particolare da elevati valori medi sulla colonna di fosforo reattivo e totale (rispettivamente 50 e 80 µgP/l), da un deficit ipolimnetico di ossigeno nel periodo di massima stratificazione estiva e da valori piuttosto bassi di trasparenza. Il

popolamento algale risultava rappresentato da specie tipiche di acque ad elevata produttività (Cianobatteri) e caratterizzato da intense fioriture estive offrendo delle ulteriori conferme sulla condizione di elevata trofia evidenziata dalle analisi chimiche (de Bernardi et al., 1984). La costruzione di un anello circumlacuale completata nel 1987 ha portato ad una riduzione dell'apporto esterno di fosforo di origine antropica a lago, considerato una delle principali cause dell'eutrofizzazione, ma non è stata sufficiente a contenere l'aggravarsi del fenomeno eutrofico come confermerebbero alcuni studi più recenti (A.A.V.V., 1996 ; Calderoni & Marchetto, 1998). Questi ultimi hanno messo in evidenza un miglioramento per quel che riguarda la trasparenza e i livelli di Clorofilla a, ma non per il P totale che nel biennio 1992-93 presentava una concentrazione media di 111 $\mu\text{gP/l}$, valore che ricade nella classe di ipertrofia secondo l'OECD (1982). Attualmente il lago si presenta in condizioni di eutrofia determinata essenzialmente dal fosforo che nel 2001-2002 presentava una concentrazione media di 94 $\mu\text{gP/l}$ (su 392 campioni analizzati). Il fosforo è il parametro che maggiormente influenza la trofia di questo lago. Il carattere episodico delle ricerche non permette tuttavia di ricostruirne il trend evolutivo ma piuttosto di confrontare i risultati di singoli campionamenti. Dai dati della letteratura emerge un andamento in crescita sino alla fine degli anni '90 e un leggero decremento successivo confermando tuttavia livelli compatibili con condizioni eu/ipertrofia.



Lago di Viverone, piante acquatiche



Lago di Viverone, piante acquatiche - particolare



Lago di Viverone, piante acquatiche



Lago di Viverone, piante acquatiche e vegetazione riparia



Lago di Viverone, piante acquatiche - particolare



Lago di Viverone, piante acquatiche

Analisi delle criticità/problematiche quali-quantitative in relazione allo stato del lago

- 1) Le principali criticità del Lago di Viverone sembrano essere connesse allo stato trofico del lago attualmente corrispondente ad un livello di eutrofia/ipertrofia determinato da un carico eccessivo di nutrienti algali. Gli apporti antropici a lago dovrebbero essere minimizzati dal collettore circumlacuale del consorzio del Viverone che conferisce i reflui urbani al depuratore in località Piana (Comune di Azeglio), con successivo scarico nella roggia Violana. In realtà, agli apporti di nutrienti che raggiungono il lago dal dilavamento del bacino imbrifero e dalle precipitazioni meteoriche, si aggiungono anche quelli derivanti da numerosi scolmatori di piena e in generale da una rete fognaria interna sottodimensionata e in cattive condizioni. L'eccesso di nutrienti e in particolare del fosforo, che raggiunge valori prossimi all'ipertrofia (94.3 $\mu\text{g P}_{\text{Tot}}/\text{l}$ medio nel 2002), sono la prima causa del degrado ambientale di questo lago. La produzione endogena sembra notevole, tanto che negli strati profondi durante il lungo periodo di stratificazione termica e di deficit di ossigeno ipolimnico (ambiente riducente), i valori della concentrazione di fosforo totale sono di molto superiori ai 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ (limite fra eutrofia e ipertrofia). Non sono conosciuti gli apporti di nutrienti dovuti al malfunzionamento della rete fognaria e non si conosce l'entità del carico interno del fosforo.
- 2) Nello studio del 1996 sul Lago di Viverone, condotto per determinarne con precisione lo stato trofico e la relativa evoluzione applicando un modello matematico che tenga conto delle azioni di diversi sistemi di recupero, si segnala che a causa della situazione compromessa in cui si trova il lago, alcune aree di particolare interesse naturalistico, come la zona umida del Maresco, non sottoposte a tutela, sembrano destinate ad un progressivo degrado. Inoltre, tra le specie ittiche, è ormai a rischio di scomparsa il coregone lavarello.
- 3) Negli ultimi anni sono sempre più frequenti i fenomeni di inquinamento microbiologico tanto che nella stagione balneare 2002 tutte le stazioni di campionamento sono risultate inagibili. Le principali cause sono attribuibili al malfunzionamento degli sfioratori e delle stazioni di sollevamento nei periodi di piogge intense e a scarichi domestici tuttora non collettati recapitanti nelle rogge o direttamente a lago. Sul Lago di Viverone sono state svolte e sono tuttora in corso indagini specifiche per rimuovere le cause di tale inquinamento, in particolare, nel settembre 2002 nel corso di una serie

di controlli ispettivi, sono stati individuati alcuni punti soggetti ad inquinamento di natura fecale.

Programma di misure

- 1) Tra i progetti più recenti inerenti il miglioramento della qualità del Lago di Viverone si trova il Progetto "Recupero del Lago di Viverone" (2004 - 2006) che ha visto Arpa compartimento di Biella e CNR ISE lavorare in sinergia allo scopo di proporre una serie di interventi necessari per un miglioramento dello stato trofico e una riqualificazione del lago, articolati nelle seguenti fasi:
 1. realizzazione di due stazioni idrologiche di misura delle portate dell'immissario principale (Roggia Piverone) e sul principale emissario (Roggia Fola) per stimare il bilancio idrico, studi approfonditi sull'idrologia del lago e sul suo bilancio idrico.
 2. studi per valutare la possibilità di abbattimento dei carichi sia da sorgenti diffuse (fitodepurazione) che puntiformi tramite ulteriori collettamenti alla rete fognaria.
 3. conversione delle colture e uso di pratiche agricole innovative;
 4. sperimentazione di interventi di bonifica, riqualificazione ambientale e valorizzazione degli aspetti naturalistici e storici.

Tra gli altri scopi del progetto vi era anche la verifica della fattibilità di precedenti proposte operative formulate sulla base di uno specifico modello (ELVIRA -Eutrophication of Lake Viverone and Restoration Alternatives) quali: ossigenazione forzata dell'ipolimnio; inertizzazione o trattamento biologico dei sedimenti anche in un'area limitata a scopo sperimentale per eliminare le fonti interne di nutrienti; un maggior controllo del prelievo effettuato a scopo irriguo; razionalizzazione delle pratiche agricole per la riduzione dei carichi esterni (Bona & Maffiotti, 1996).

- 2) Si rende necessario, inoltre, approfondire le conoscenze riguardanti l'entità del carico interno del fosforo e dello stato trofico storico (per mezzo di studi paleolimnologici) basati sull'analisi dei sedimenti lacustri.
- 3) Oltre agli interventi individuati precedentemente, si può proporre la separazione, ove possibile, della rete fognaria attualmente di tipo misto.
- 4) Risulta ancora di fondamentale importanza approfondire gli scambi acque superficiali – acque sotterranee per una migliore conoscenza della falda, delle sue caratteristiche idrogeologiche dinamiche e chimiche, di qualità.

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago di Viverone è il più grande dei 7 laghi piemontesi oggetto di studio.

Antecedentemente alla raccolta biologica è stata eseguita una massiccia campagna di campionamento per la raccolta di sedimenti su cui è stata eseguita l'analisi granulometrica. Data la sua estensione superficiale sono stati prelevati un totale di 21 campioni distribuiti su più transeetti e a diverse profondità in corrispondenza di impatti quali: porticcioli, immissari, centri abitati, così da valutare le diverse tipologie di substrato

presente (Tab. 3.6.9).

Va ricordato inoltre che lo sforzo di campionamento è risultato minore rispetto ad altri bacini in quanto non sono state riscontrate difficoltà nel prelievo; qui infatti, il substrato è limoso, fatto che agevola la chiusura della draga.

Tab. 3.6.9 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti per l'analisi granulometrica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 0	T0 St. 0	12	425520	5029885	45	25	6,67	8	2	52,98
Transetto 1 d	T1d St. 0	5,5	424864	5028407	45	24	18,53	8	2	23,61
	T1d St. 1	12,5	425011	5028493	45	24	21,37	8	2	30,32
	T1d St. 2	20	425079	5028653	45	24	26,58	8	2	33,36
	T1d St. 3	30	425067	5028861	45	24	33,31	8	2	32,70
Transetto 1	Ti St. 0	1,2	425993	5028898	45	24	34,87	8	3	15,27
	T1 St. 1	8	425870	5028935	45	24	36,02	8	3	9,60
	T1 St. 2	20	425336	5029039	45	24	39,19	8	2	44,97
	T1 St. 3	31	425226	5029211	45	24	44,72	8	2	39,82
	T1 St. 4	40	425017	5029162	45	24	43,05	8	2	30,23
Transetto 2	T2 St. 0	1,2	423435	5028764	45	24	29,54	8	1	17,68
	T2 St. 1	6	423619	5028904	45	24	34,14	8	1	26,07
	T2 St. 2	16	423901	5029162	45	24	42,61	8	1	38,90
	T2 St. 3	25	423993	5029229	45	24	44,82	8	1	43,09
	T2 St. 4	47	424466	5029382	45	24	49,96	8	2	4,77
Transetto 3	T3 St. 0	1,2	424539	5031401	45	25	55,41	8	2	7,01
	T3 St. 1	14	424367	5031247	45	25	50,35	8	1	59,18
	T3 St. 2	33	424380	5030922	45	25	39,82	8	1	59,96
	T3 St. 3	43	424416	5030652	45	25	31,09	8	2	1,76
Transetto 4	T4 St. 0	1,2	423472	5030039	45	25	10,86	8	1	18,67
	T4 St. 1	11,2	423736	5029842	45	25	4,58	8	1	30,93

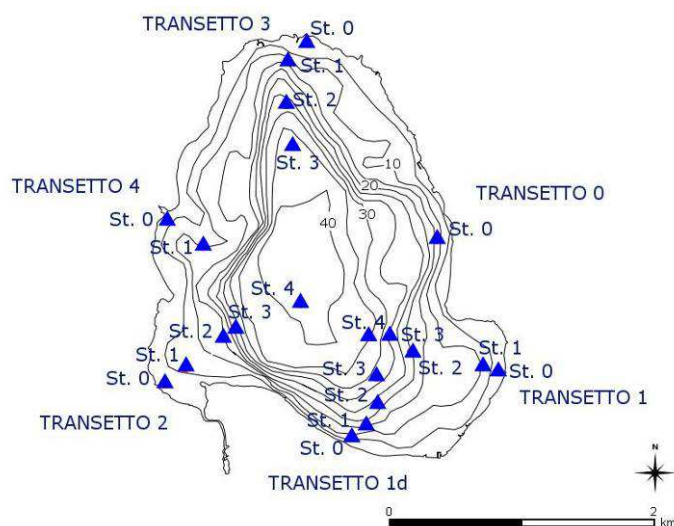


Fig. 3.6.3 - Carta batimetrica e stazioni per l'analisi granulometrica.

Data la sua grande superficie, seguendo le linee guida proposte dal Protocollo nazionale di campionamento (Bazzanti *et al.*, 2007; Boggero *et al.*, 2011c) sono stati mantenuti tre

dei transetti tracciati per la raccolta dei campioni di granulometria, con un numero di punti di campionamento variabili da tre a cinque per transetto. Attualmente è stata effettuata solamente la campagna primaverile. In questo lago si riconoscono tutte e tre le fasce (litorale, sub-litorale e profonda) con un punto di massima profondità a 42 m (Tab. 3.6.10)

Tab. 3.6.10 - Stazioni profondità e coordinate dei punti per l'analisi biologica e chimica

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	1,2	425968	5028929	45	24	35,86	8	3	14,1
	T1 St. 1	5,5	425851	5028922	45	24	35,59	8	3	8,73
	T1 St. 2	14,5	425422	5029113	45	24	41,62	8	2	48,8
	T1 St. 3	29	425214	5029260	45	24	46,30	8	2	39,2
	T1 St. 4	40	424993	5029376	45	24	49,97	8	2	29,0
	T2 St. 0	1,2	423521	5028843	45	24	32,13	8	1	21,5
Transetto 2	T2 St. 1	6	423613	5028965	45	24	36,12	8	1	25,7
	T2 St. 2	16	423846	5029119	45	24	41,20	8	1	36,3
	T2 St. 3	25	424030	5029211	45	24	44,25	8	1	44,8
	T2 St. 4	42	424374	5029395	45	24	50,35	8	2	0,53
	T3 St. 0	1,2	424545	5031375	45	25	54,57	8	2	7,30
Transetto 3	T3 St. 1	14	424576	5031118	45	25	46,25	8	2	8,87
	T3 St. 2	33	424508	5030805	45	25	36,08	8	2	5,91

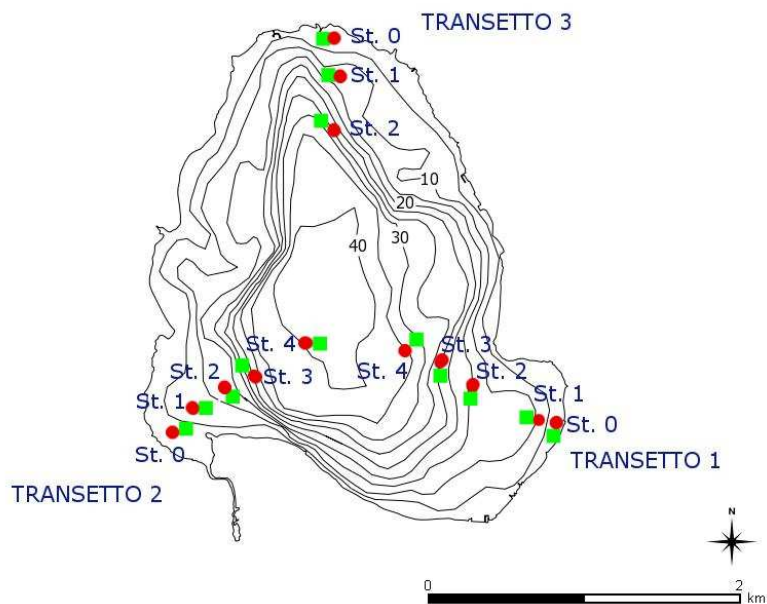


Fig. 3.6.4 - Carta batimetrica e stazioni di raccolta dei campioni biologici (●) e chimici (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago di Viverone è stato campionato il 16 Maggio e l'8 Agosto. La stazione scelta è centrale, in corrispondenza della massima profondità 48 m (Fig. 3.6.5). Non è stato possibile effettuare il campionamento invernale e quello della tarda primavera, per

difficoltà logistiche. Infatti, l'utilizzo dell'imbarcazione necessaria per il campionamento va concordato con ARPA Piemonte, Dipartimento di Biella, responsabile per i campionamenti sul Viverone. L'impossibilità di effettuare campionamenti congiunti in due occasioni, tuttavia, ha compromesso solamente la misura della distribuzione verticale della clorofilla, pur avendo la possibilità di disporre del dato di concentrazioni integrato nella zona eufotica. I dati mancanti sulla composizione del fitoplancton saranno, in ogni caso, integrati con quelli messi a disposizione da ARPA.

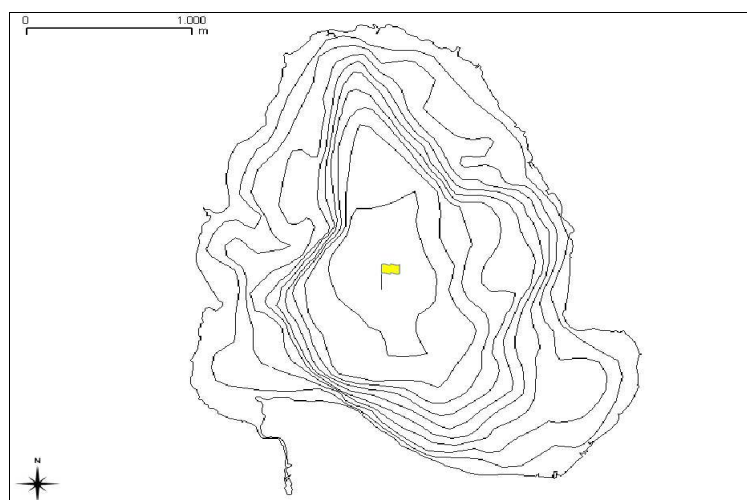


Fig. 3.6.5 - Mappa batimetrica del Lago di Viverone. La stazione di campionamento è indicata dalla bandiera gialla.

Macrofite strategie di campionamento e difficoltà

L'indagine sul Lago di Viverone è stata completata alla fine di luglio di questo stesso anno, si è svolta in due fasi della durata di 2 giorni ciascuna: una prima fase perlustrativa ed una seconda fase descrittiva, secondo quanto indicato nel protocollo di campionamento.

Come già affermato precedentemente lo scopo della fase perlustrativa è quello di individuare le porzioni di litorale lacustre omogenee sotto l'aspetto della composizione della fitocenosi, specie presenti. L'ispezione è stata eseguita in 2 giorni, operando con un'imbarcazione leggera che ha consentito di muoversi agevolmente anche in acque poco profonde, dove la vegetazione galleggiante era più abbondante, e ha permesso però anche rapidi spostamenti lungo l'intero bacino lacustre. In acque più profonde si è fatto uso di un batiscopio e di una telecamera subacquea con trasmissione dell'immagine via cavo. Quando è stato necessario, il riconoscimento delle specie presenti è stato effettuato campionando la vegetazione con un rastrello a denti opposti e ravvicinati oppure con una draga di Ponar modificata per evitare la raccolta di sedimento. Il rastrello, montato su manico allungabile, è stato usato anche per individuare l'eventuale presenza a riva di specie sommerse sotto la copertura di piante galleggianti.

Vista l'estensione del perimetro lacustre si sono abbinati due criteri: 1. sono state eseguite osservazioni lungo 100 tragitti il più possibile lineari, perpendicolari alla linea di costa e distanziati di circa 150 m, che iniziano da riva e terminano al largo nel punto in cui scompare la vegetazione (Fig. 3.6.6); 2. è stata ispezionata la fascia litorale da riva fino alla profondità di circa 1,5 m senza soluzione di continuità sull'intero perimetro lacustre.

La zona litorale, il cui perimetro misura 13,2 km, è stata quindi suddivisa in 20 siti di ampiezza compresa tra 46 e 2700 m (Fig. 3.6.7). Sono state anche riscontrate 2 zone prive di vegetazione nella porzione nord del lago, attigue alla zona 9 e alla zona 10, con una estensione complessiva di 600 m che corrisponde al 5% dell'intero perimetro. Nella figura 16 il limite esterno dei siti è stato tracciato unendo i punti terminali dei corridoi e dei transetti come saranno definiti più avanti; ai fini dell'indagine non è richiesto ed è stato disegnato per meglio rappresentare i siti.



Figura 3.6.6 - I punti rappresentano il termine dei 100 tragitti, perpendicolari alla costa, percorsi nella fase di perlustrazione.

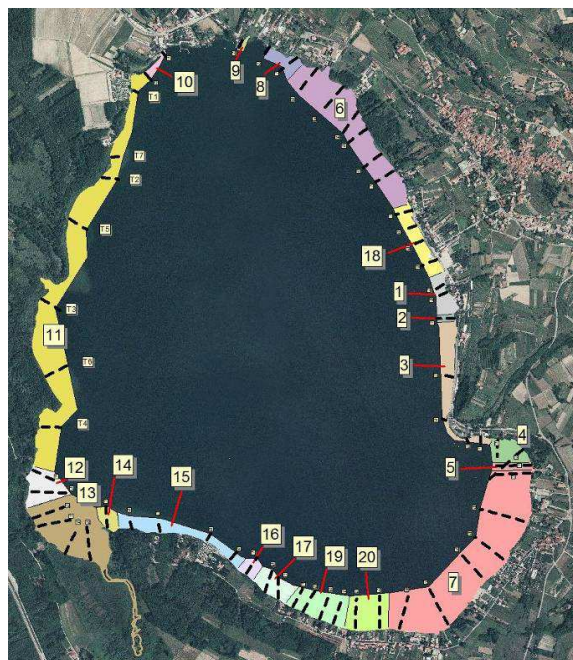


Figura 3.6.7 - Rappresentazione dei 20 siti distribuiti sul perimetro lacustre.

In ciascun sito, al centro, è stato percorso un transetto con lo scopo di verificare la distribuzione delle specie nel sito e la relativa abbondanza e percentuale di copertura.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica verrà effettuato all'inizio dell'estate del 2012

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

Il Lago di Viverone è stato indagato il 15 settembre 2010 in collaborazione con ARPA Piemonte, compartimento di Biella e la squadra nautica di protezione civile, che ha messo a disposizione il proprio natante e la propria strumentazione GPS, per l'applicazione del metodo. Anche per questo lago i punti di indagine sono stati 10, come da protocollo, disposti secondo quanto riportato in figura 3.6.8. La scheda di campo è stata compilata completamente e l'applicazione è stata piuttosto complicata dalla presenza di un'elevata estensione di macrofite anche nella zona al largo. La navigazione sotto costa è stata a volte impedita dall'impigliarsi delle macrofite nell'elica della barca la pulizia della quale, avvenuta diverse volte, ha allungato di molto il rilievo di campo.

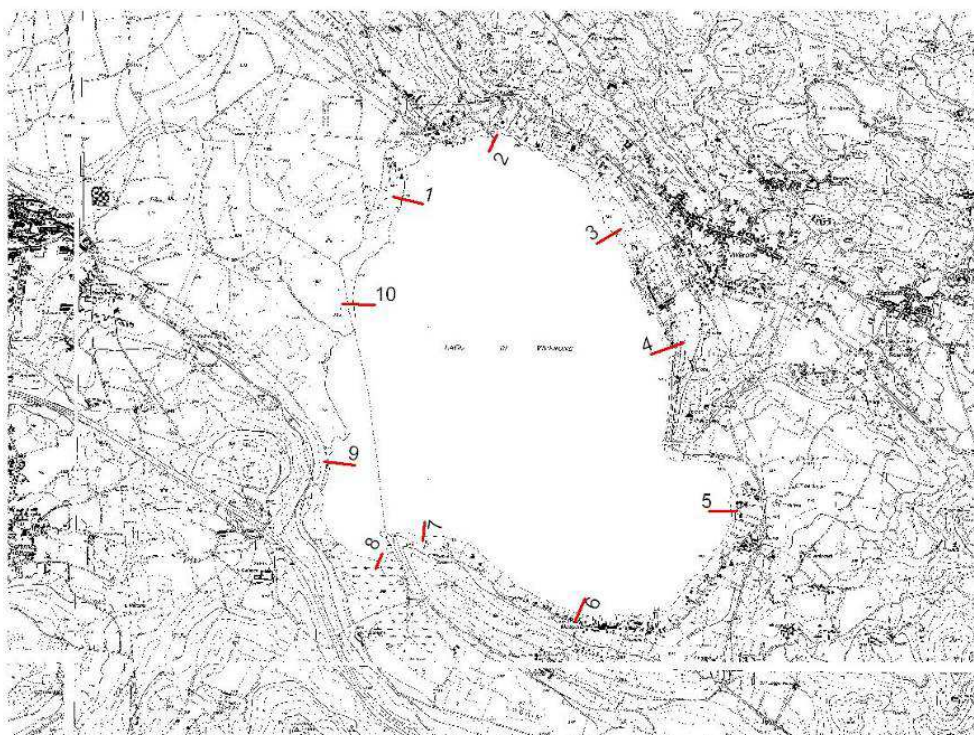


Fig. 3.6.8 – Punti di applicazione del metodo LHS

I punti di applicazione sono indicati in figura 3.6.8 con la linea rossa e sono stati numerati per poter ritrovare sul posto la loro posizione attraverso uno strumento GPS. Nella tabella 3.6.11 si riportano le coordinate dei punti di indagine.

Tab. 3.6.11 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD
1	425326	5030698
2	425606	5029869
3	425941	5028769
4	425030	5028344
5	423957	5028866
6	423711	5028657
7	423379	5029086
8	423489	5030131
9	423891	5030806
10	424462	5031409

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 8-9). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 3.6.

Per quanto riguarda il Lago di Viverone si sono rilevati numerosi impatti di tipo turistico-ricreativo sia lungo la riva, per la presenza di campeggi, ristoranti sul lago, zone di balneazione con relative artificializzazioni delle sponde, sia per quanto riguarda l'utilizzo di barche a motore, non solo di piccole dimensioni, all'interno del lago. La pesca con la canna da riva è molto diffusa. E' comunque presente un'ampia zona umida in prossimità dell'emissario, che si estende risalendo verso nord. Nella zona litorale naturale si trovano canneto e piante igrofile, il substrato è di tipo sabbioso-limoso.

3.7 LAGO DEL SERRÙ

Inquadramento geografico e morfometria

Il Lago Serrù è un lago naturale ampliato a fini idroelettrici, situato in territorio piemontese, nella provincia di Torino, nella valle del Torrente Orco. Il lago e il suo bacino si trovano all'interno del territorio comunale di Ceresole Reale, il comune più occidentale del Canavese. Nella figura 3.7.1 si riporta l'estratto della CTR 1: 10'000 dove è posizionato il lago, il foglio di riferimento è il n°112100.

Il Lago Serrù originariamente era un lago di origine glaciale, ampliato con una diga rettilinea in mattoni e cemento lunga 344 m. La diga ha un'altezza massima di 42 metri sul livello dell'emissario.

Il volume a massimo invaso è di 14,5 milioni di metri cubi, alla quota di 2.240 m s.l.m., con una superficie massima del lago di 0,58 km² e una profondità media di 25 m (IRSA, 1981).

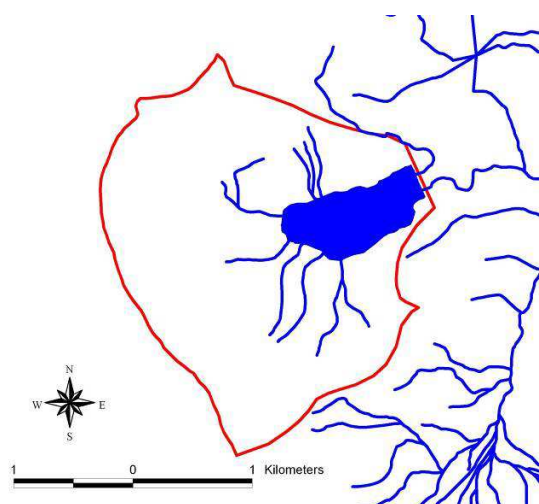


Fig. 3.7.1 – Lago Serrù e suo bacino imbrifero. CTR 1: 10'000 e foto aerea. La foto aerea è stata scaricata da GoogleEarth.



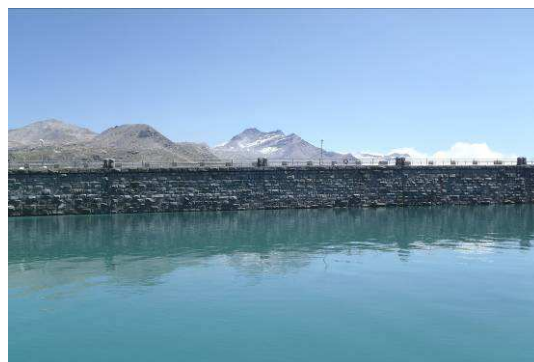
Lago del Serrù



Lago del Serrù



Lago del Serrù, sponda sinistra



Lago del Serrù, muraglione della diga

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Dal punto di vista geologico, il bacino imbrifero fa parte della grande formazione di gneiss che costituisce il massiccio del Gran Paradiso, in parte fortemente eroso dall'azione dei ghiacciai e in parte coperto da morene.

Il lago non ha un vero e proprio immissario principale, ma 7 immissari di una certa rilevanza, e riceve inoltre acqua deviata dal vicino lago dell'Agnel.

Per quanto riguarda l'uso del suolo in figura 3.7.2 si riporta l'uso da Corine Land Cover 2000 e in tabella 3.7.1 la descrizione delle tipologie di uso del suolo presenti nel bacino del lago. La maggior parte del bacino è costituita da roccia nuda e affioramenti con piccole aree intorno al lago caratterizzate da pascoli naturali, praterie e brughiere. Nella parte più a sud si trova la lingua nord-occidentale del Ghiacciaio del Carro.

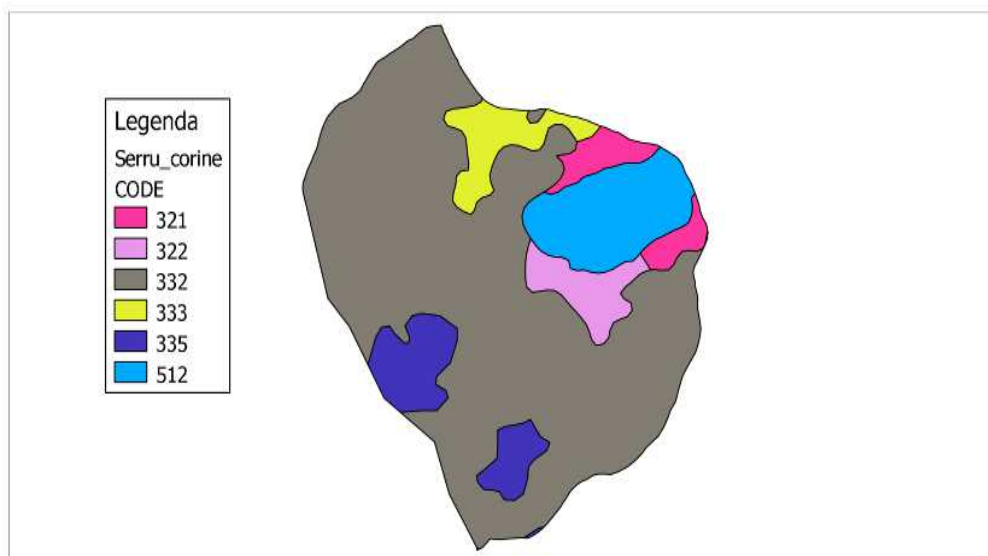


Fig. 3.7.2 – Uso del suolo da Corine Land Cover per il bacino del lago Serrù.

Tab. 3.7.1 - Descrizione delle categorie di uso del suolo.

Codice legenda Corine	Descrizione
321	Aree a pascolo naturale e praterie
322	Brughiere e cespuglieti
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
333	Aree con vegetazione rada
335	Ghiacciai e nevi perenni
512	Bacini d'acqua

Caratterizzazione socio-economica

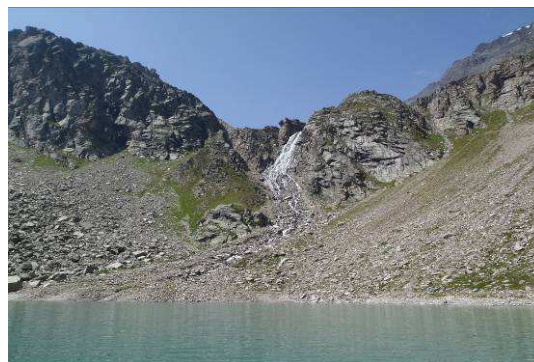
Il Lago del Serrù si trova all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso in un territorio completamente disabitato, dove su uno sperone roccioso al di sopra del lago, sorge il rifugio Pian della Ballotta.

Il Parco Nazionale del Gran Paradiso è il più antico d'Italia. L'area protetta si estende su una superficie di circa 70.318 ettari ai confini tra Piemonte e Valle d'Aosta e abbraccia un vasto territorio di alte montagne, fra gli 800 m s.l.m. dei fondovalle e i 4.061 m s.l.m. della vetta del Gran Paradiso. L'istituzione del Parco Nazionale del Gran Paradiso risale al 1922, ed è stata fondamentale per la salvaguardia dello Stambecco Alpino. Il Parco Nazionale Gran Paradiso protegge un'area caratterizzata da un ambiente di tipo prevalentemente alpino che presenta una meravigliosa varietà: boschi di larici e abeti, vaste praterie alpine, rocce e ghiacciai. Le montagne del gruppo sono state in passato incise e modellate da grandi ghiacciai e dai torrenti fino a creare le attuali vallate. Nei boschi dei fondovalle gli alberi più frequenti sono i larici, misti agli abeti rossi, pini cembri e più raramente all'abete bianco. A mano a mano che si sale lungo i versanti gli alberi lasciano lo spazio ai vasti pascoli alpini, ricchi di fiori nella tarda primavera. Salendo ancora e fino ai 4061 m s.l.m. del Monte Gran Paradiso sono le rocce e i ghiacciai che caratterizzano il paesaggio. Questo scenario ideale fa sì che l'area protetta possa vantare una ricchissima fauna alpina. Ogni anno il Parco Nazionale del Gran Paradiso conta oltre 800 mila turisti, fra i quali figurano escursionisti, amanti del windsurf o del relax, oltre ai numerosi torinesi che si concedono una gita domenicale per sfuggire allo smog cittadino (<http://www.parchionline.it/parco-nazionale-gran-paradiso.htm>). Il Parco Nazionale Gran Paradiso è ricco di bacini, naturali e artificiali. Tra quelli naturali sono da ricordare i due Laghi del Nivolet (Colle dei Laghi del Parco Nazionale del Gran Paradiso Nivolet); il Lago Leità e il Lago Rosset dai quali nasce il fiume Orco (Piani di Rosset); i Lacs des trois becs (tre grandi e due piccoli) e proseguendo ancora un po' il Lago Nero (o Lago Leynir). In Val di Cogne vi sono due interessanti laghetti: il Lago Lauson (Valnontey) ed il Lago Loie (2356 m., vallone di Bardoney). Sul versante della Valle Orco, lungo il tracciato della mulattiera reale, poco sotto il Colle della Terra, tra le morene troviamo il Lago Lillet che data l'altitudine (2765 m.) rimane gelato per molti mesi all'anno. Nei suoi paraggi si possono incontrare, nella stagione propizia, branchi di stambecchi, cuccioli e caprettini di pochi mesi. Uno degli angoli meno conosciuti del Parco Nazionale Gran Paradiso è il Lago di Dres (2073 m.), da qui è possibile scorgere la vetta ed il ghiacciaio del Monte Gran

Paradiso far capolino oltre le alte cime canavesane. Tra i molti bacini artificiali, invece, sono da ricordare il Lago Serrù e il Lago di Ceresole Reale. Quest'ultimo nei mesi estivi è meta di turisti e amanti del windsurf, mentre d'inverno fa da sfondo a un anello per sci di fondo (<http://www.parchionline.it/parco-nazionale-gran-paradiso.htm>).



Lago del Serrù e bacino drenante



Lago del Serrù e immissario principale



Lago del Serrù e bacino drenante



Lago del Serrù e roccia madre



Lago Serrù



Lago Serrù e scarico

Negli ultimi anni, a causa di un eccessivo turismo estivo, l'Ente che gestisce il Parco Nazionale Gran Paradiso ha deciso di regolamentare il traffico automobilistico, dal Lago

Serrù al Piano del Nivolet, nelle domeniche di luglio e agosto. In queste giornate è attivo un servizio navetta che permette di raggiungere il colle in pochi minuti e senza arrecare troppo danno all'ambiente.

Inoltre, in prossimità del lago Serrù, è stato costituito un GlacioMuseo, voluto dal Comune di Ceresole nell'ambito del Progetto INTERREG II, con la collaborazione di AEM Torino e Parco Nazionale Gran Paradiso ([Nimbus](#)). Il GlacioMuseo del Serrù contiene plastici e pannelli fotografici progettati dalla Società Meteorologica Italiana e realizzati dalla Cooperativa Arnica. E' ospitato nell'ex cabina elettrica AEM completamente ristrutturata, situata a lato della strada del colle del Nivolet, poco a monte della diga del Lago Serrù, a quota 2300 m, di fronte allo spettacolo naturale dei ghiacciai della Capra e del Carro.

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Date le avverse condizioni meteorologiche che si sono prolungate fino alla prima settimana di Agosto 2011, non è stato possibile effettuare alcun tipo di campionamento in tale invaso. Si è quindi deciso di effettuare la prima campagna di campionamento in autunno, in corrispondenza della seconda campagna di campionamento degli altri laghi, e di rimandare la seconda campagna di campionamenti alla Primavera 2012.

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago del Serrù è stato campionato in due date, 15 giugno e 4 Agosto. Per quanto riguarda la frequenza di campionamento nei laghi d'alta quota, valgono le stesse considerazioni espresse a proposito del Lago Morasco. Eventuali difficoltà logistiche possono sorgere a causa di repentine variazioni nelle condizioni meteorologiche, soprattutto in relazione all'aumento del vento, che rende difficoltoso l'uso di una imbarcazione, soprattutto considerando la necessità di tenersi a distanza di sicurezza dal fronte della diga. Nel Lago del Serrù, le condizioni meteo sono state ottimali in entrambi i campionamenti e non sono da segnalare particolari difficoltà logistiche. Per questo ambiente non è disponibile una mappa batimetrica: la stazione di campionamento è stata scelta in posizione centrale (Fig. 3.7.3) a circa 500 metri dal fronte della diga. La profondità massima in questo punto è di 36 metri.

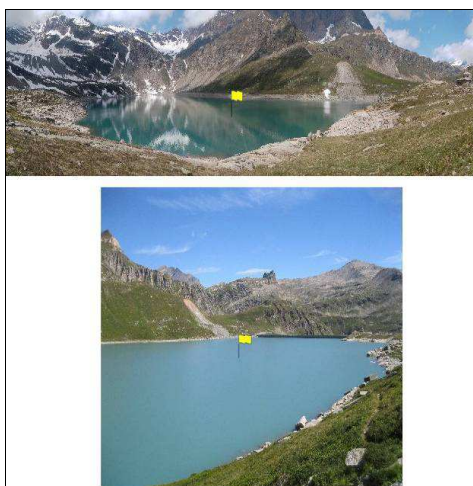


Fig. 3.7.3 - Lago del Serrù. La stazione di campionamento è indicata dalla bandiera gialla.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica è stato svolto ad agosto 2011. La durata del campionamento è stata di tre giorni e l'organizzazione è quella descritta nella tabella 3.1.3. E' stata rilevata una sola specie, oltretutto alloctona (Salmerino di fonte, *Salvelinus fontinalis*).

Da segnalare la difficoltà nel recupero della rete pelagica nella seconda giornata a causa del banco di nebbia concentratosi sulle acque del lago; nel terzo giorno forti raffiche notturne di vento hanno sganciato un galleggiante della rete pelagica causandone l'arrotolamento e un funzionamento solo parziale.



Fig. 3.7.4 - Esempio di *Salvelinus fontinalis*

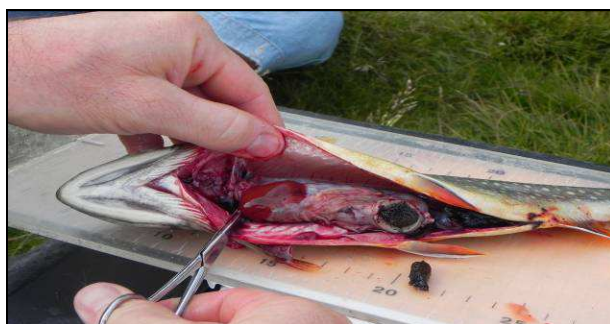


Fig. 3.7.5 - Ispezione della cavità addominale

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

Il Lago del Serrù è stato indagato il 2 agosto. Anche per questo lago i punti di indagine sono stati 10, come da protocollo, disposti secondo quanto riportato in figura 3.7.4. La scheda di campo è stata compilata completamente e l'applicazione non ha avuto difficoltà di svolgimento.

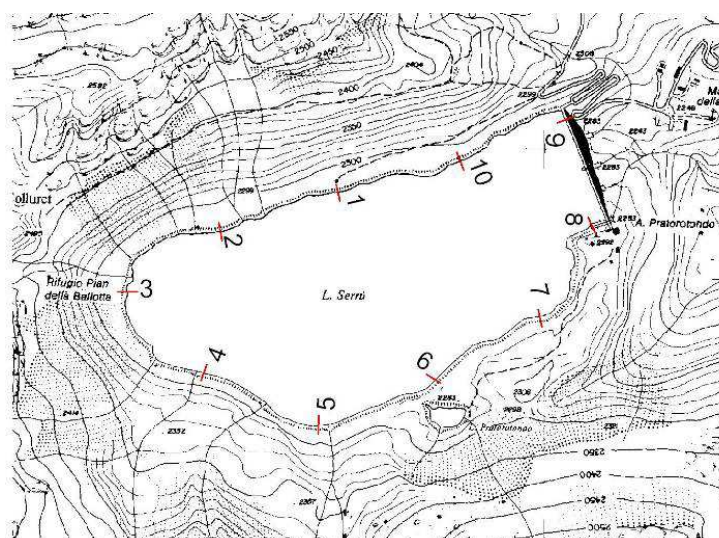


Fig. 3.7.4 – Punti di applicazione del metodo LHS.

I punti di applicazione sono indicati in figura 3.7.4 con la linea rossa e sono stati numerati per poter ritrovare sul posto la loro posizione attraverso uno strumento GPS.

Nella tabella 3.7.2 si riportano le coordinate dei punti di indagine.

Tab. 3.7.2 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD	Lat_dec	Long_Dec	Latitudine	Longitudine
1	353526,57443	5036070,77552	45,462790	7,1264120	45 27 46.03	7 7 35.08
2	353224,27598	5035970,64254	45,461820	7,1225770	45 27 42.56	7 7 21.28
3	352986,76379	5035816,84163	45,460390	7,1195870	45 27 37.39	7 7 10.51
4	353182,42034	5035609,04942	45,458560	7,1221500	45 27 30.82	7 7 19.74
5	353476,15283	5035476,30016	45,457428	7,1259446	45 27 26.74	7 7 33.40
6	353770,62833	5035593,69409	45,458546	7,1296740	45 27 30.76	7 7 46.8
7	354043,80450	5035749,22867	45,460002	7,1331199	45 27 36	7 7 59.23
8	354177,29676	5035985,00720	45,462151	7,1347565	45 27 43.74	7 8 5.12
9	354109,93146	5036257,44037	45,464588	7,1338144	45 27 52.51	7 8 1.73
10	353839,23196	5036151,19143	45,463576	7,1303852	45 27 48.87	7 7 49.38

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 10-1). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 3.7.

Per quanto riguarda il Lago del Serrù non ci sono particolari impatti da segnalare se non la presenza della diga. Nella zona riparia si trovano sassi, prato e roccia. La zona litorale è priva di macrofite ed è caratterizzata da sassi, a volte massi o roccia. In arrivo al lago si segnalano, oltre all'affluente principali, numerosi piccoli ruscelli intermittenti, nella zona tra gli hab plots 1 e 7 nella sponda opposta alla diga.

CAPITOLO 4 – LAGHI STUDIATI: Sardegna

4.1 LAGO BIDIGHINZU

Inquadramento geografico e morfometria

Il bacino idrografico del Rio Mannu di Porto Torres ha un'estensione di circa 1.238,69 km² ed è caratterizzato da un'intensa idrografia dovuta alle varie tipologie rocciose attraversate. Il Rio Mannu e i suoi emissari hanno un andamento lineare, ortogonale alla linea di costa; esso ha origine nella zona comunale di Cheremule e Bessude. I principali affluenti del Rio Mannu sono: in destra, il Rio Bidighinzu, il Rio Mascari e il Rio di Ottava; in sinistra il Rio Minore e il Rio Ertas. Lungo il Rio Bidighinzu è stato realizzato l'invaso omonimo. Nel territorio hanno sede altresì due invasi, i laghi di Bunnari, ubicati nella parte alta del Rio Scala di Giocca, affluente del Rio Mascari. (Fig. 4.1.1). (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Mannu di Porto Torres).

Secondo la codifica regionale il codice del bacino è 0182 e quello del corpo idrico LA4019, si trova in provincia di Sassari e il comune che si affaccia sul lago è il Comune di Bessude. La superficie del lago è di 8 km² e ha una profondità di 34 m. La diga è stata costruita sul Rio Bidighinzu con inizio lavori nel 1952 e terminata nel 1959. E' una diga a gravità ordinaria in calcestruzzo alta 43 m secondo il D.Min.L.L.PP. marzo'82. La quota al coronamento è di 334 m s.l.m., il volume di invaso secondo D.Min.L.L.PP. marzo'82 è di 18,15 x10⁶m³ mentre quello utile di regolazione è di 11 x10⁶m³ ed è quello ad oggi autorizzato. La quota di massimo invaso è di 333 m s.l.m. e la quota di massima regolazione è 330 m s.l.m.

L'utilizzo della diga è per scopo potabile, l'ultimo collaudo fatto risale al 13/05/1966 ed è tutt'ora autorizzata la quota massima di regolazione.

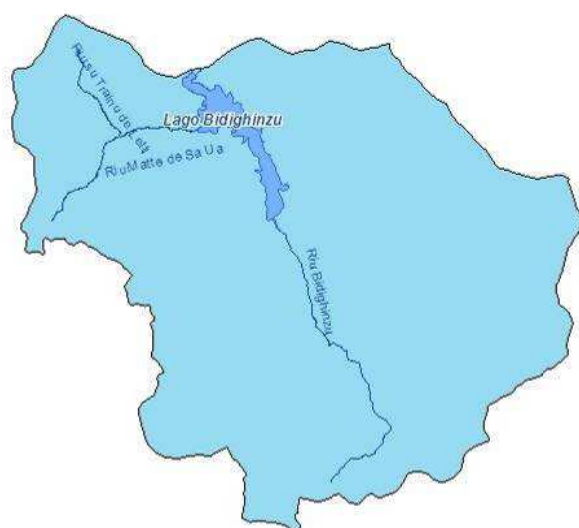


Fig. 4.1.1 – Lago Bidighinzu e suo bacino imbrifero.



Lago Bidighinzu e bacino afferente



Lago Bidighinzu



Lago Bidighinzu ed erosione spondale



Lago Bidighinzu

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Il bacino del Riu Mannu di Porto Torres, si sviluppa in una vasta area della Sardegna nord-occidentale, all'interno dell'area denominata "Fossa Sarda", quest'ultima è stata interessata in diversi periodi da ripetute trasgressioni e regressioni marine e da numerose manifestazioni vulcaniche. A seguito dei movimenti che hanno dato origine alla "Fossa Sarda", questo territorio è stato invaso dal mare e ricoperto da imponenti coltri sedimentarie dalla cui emersione si è originato

un esteso altopiano. L'area nel quale si sviluppa il corso d'acqua è caratterizzata da una serie di colline di media altezza, da falsipiani e tavolati modellati nei sedimenti calcarei di età miocenica. In alcuni punti i calcari poggiano sulle vulcaniti oligo-mioceniche costituite da Rioliti, Riodaciti, Daciti. Nella parte Nord-Ovest del bacino sono presenti dei depositi carbonatici di piattaforma costituiti da calcari e dolomie e calcari dolomitici di età Trias-medio-Cretaceo superiore.

(<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Mannu di Porto Torres).

L'uso del suolo nei 6 bacini idrografici in studio è delineato dall'esame delle superfici ricavate dagli shape "uso suolo" del programma europeo CORINE (**CO**o**R**dination of **IN**formation on the **EN**viroment) Land Cover (2008). Il sistema informativo geografico del programma CORINE si compone di 44 classi di copertura del suolo suddivise in 3 tre livelli

(5 classi per il primo livello, 15 per il secondo livello e 44 per il terzo).

Il primo livello riguarda le seguenti 5 grandi categorie di copertura: aree antropizzate, aree agricole, territori boscati ed ambienti seminaturali, aree umide, corpi idrici).

La composizione percentuale delle diverse utilizzazioni del suolo (superfici artificiali, superfici agricole, territori boscati, zone umide e corpi idrici) determina effetti rilevanti sulle risorse naturali oltre che sulla biodiversità e sulla composizione del paesaggio.

I dati sull'uso del suolo CORINE rappresentano l'unica fonte disponibile e aggiornata, per quanto concerne le informazioni sulla superficie agricola, in quanto i fascicoli provinciali dell'ISTAT riferiti all'ultimo (quinto) censimento generale dell'agricoltura disponibile, fanno riferimento al 2000.

Il bacino sotteso dal Lago del Bidighinzu ricade all'interno del territorio dei comuni di Bessude, Borutta, Cheremule e Thiesi, in provincia di Sassari, e presenta un'estensione complessiva di 5.169 ettari.

Il territorio del bacino, il cui dettaglio sulle classi di copertura è riportato in figura 4.1.2, è caratterizzato per il 46,3% da zone boscate, altri ambienti seminaturali.

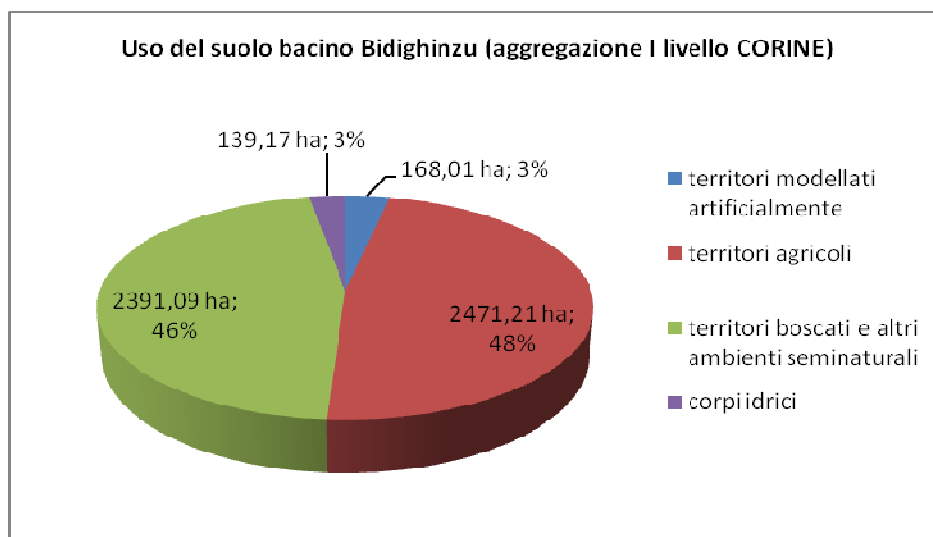


Fig. 4.1.2 – Aggregazione classi I livello CORINE uso del suolo bacino del Lago Bidighinzu.

Per quanto riguarda l'uso del suolo agricolo, che rappresenta il 47,8% della superficie del bacino, esso è caratterizzato da seminativi pari al 39,3% (il 15,0% in aree non irrigue, il 24,3% di prati artificiali) e in maniera minima da aree con colture temporanee associate a colture permanenti (4,0%), aree agroforestali (2,1%), aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti (1,1%), sistemi colturali e particellari complessi (0,6%), oliveti (0,7%) e vigneti (0,1%).

Una minima parte della superficie del bacino è occupata da aree modellate artificialmente (pari al 3,3% della superficie) e da corpi idrici (2,7%). In figura 4.1.3 è riportata la suddivisione nelle diverse categorie all'interno del bacino imbrifero del Lago del Bidighinzu.

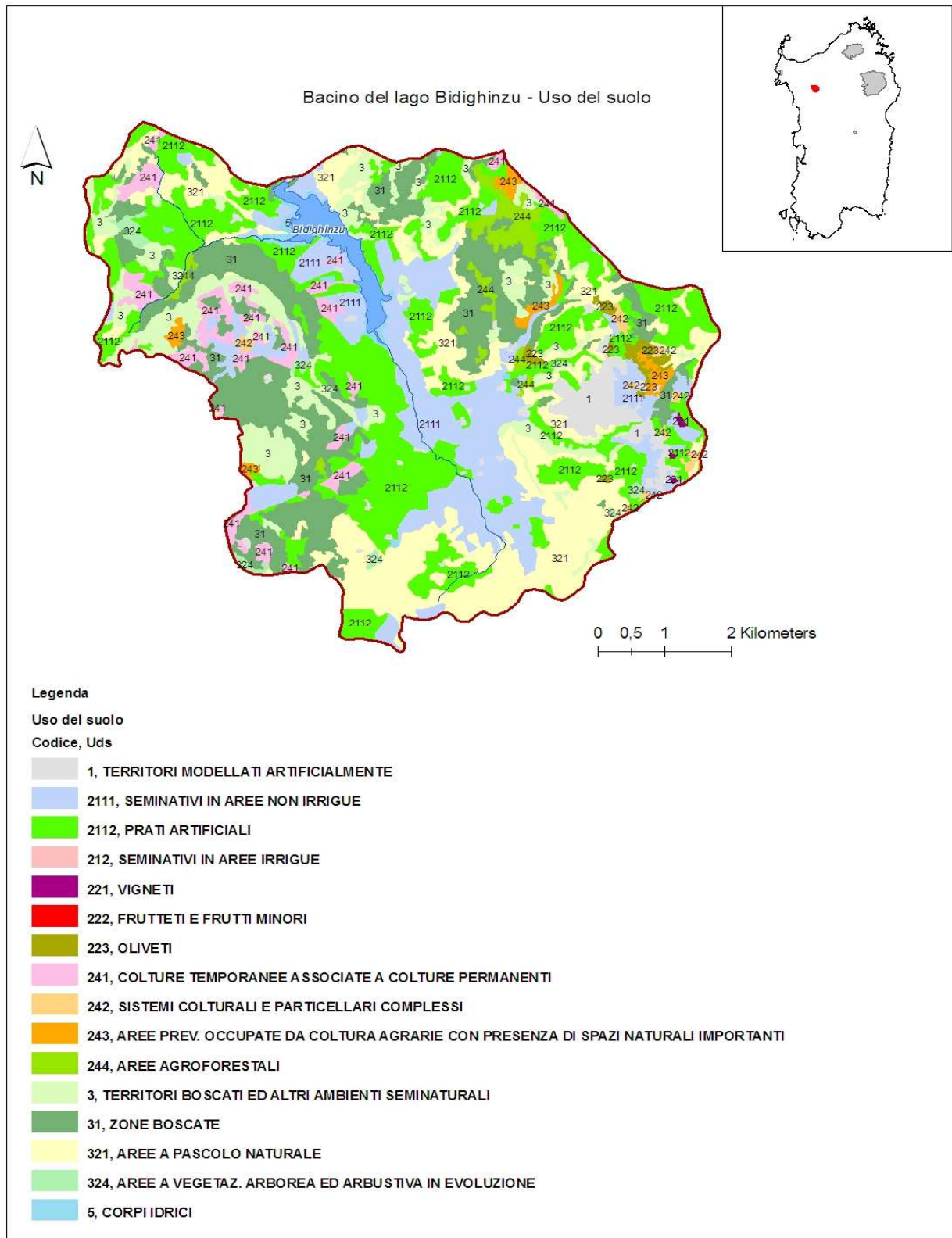


Fig. 4.1.3 – Uso del suolo all'interno del bacino del Lago Bidighinzu.

La consistenza del patrimonio zootecnico presente nei 6 bacini idrografici in studio è delineata dai rilievi sul numero di capi, per le diverse tipologie animali, da parte dell'Assessorato Sanità della Regione Sardegna.

I dati sugli allevamenti, riferiti al 2009, sono aggregati a livello comunale, ed è stato quindi necessario determinare, per ogni bacino, la percentuale del territorio del comune ricadente all'interno del bacino stesso, ipotizzando che le attività zootecniche siano uniformemente distribuite sul territorio, e utilizzare tale percentuale sul dato a livello comunale del numero di capi, per stimare la consistenza del patrimonio zootecnico aggregato a livello di bacino. I limiti dei bacini idrografici utilizzati sono quelli alla chiusura del corpo idrico.

In figura 4.1.4 è riportata, per ogni tipologia animale, la consistenza del patrimonio zootecnico espressa in numero di capi per bacino di appartenenza.

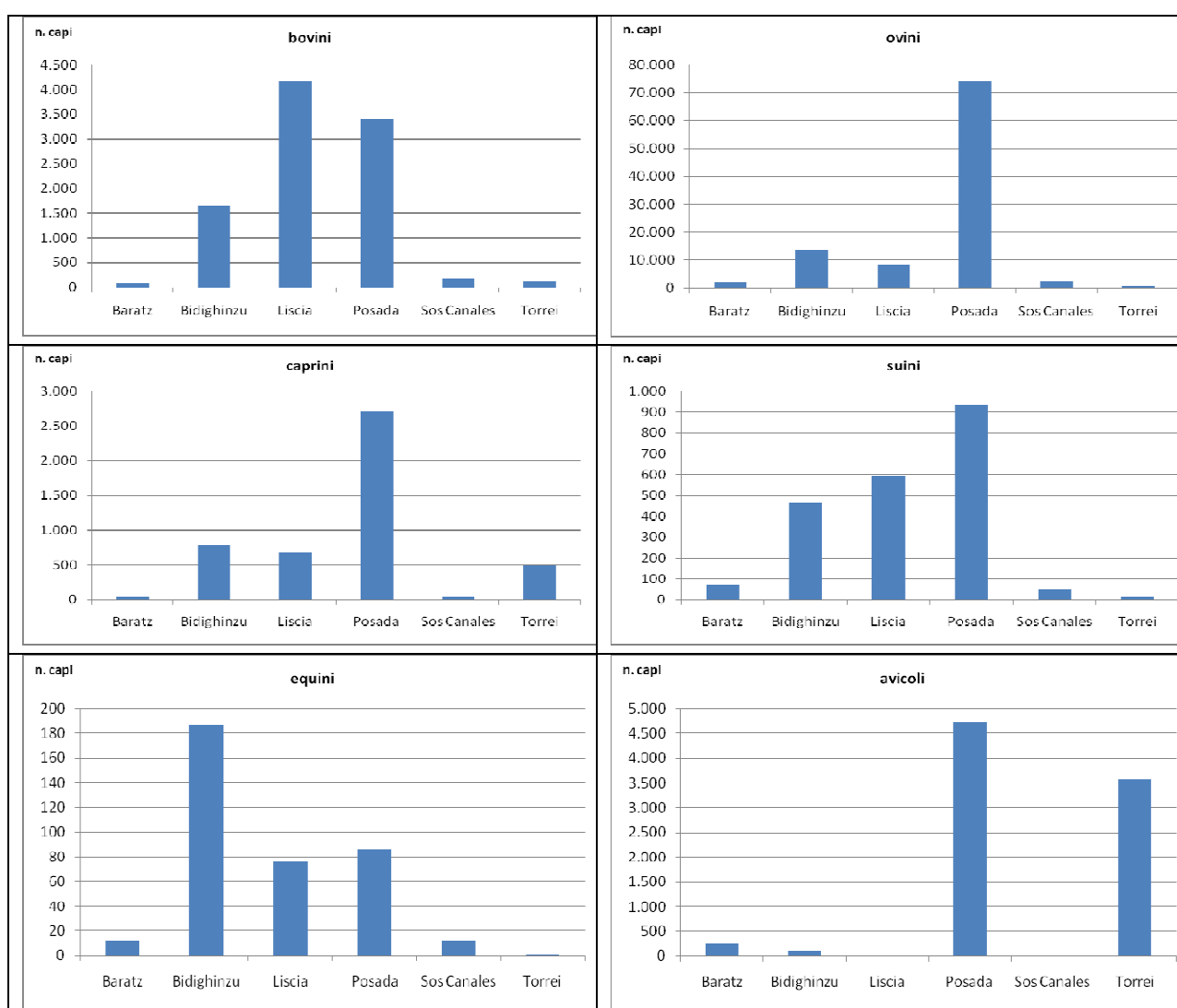


Fig.4.1.4 - Consistenza del patrimonio zootecnico, in numero di capi, nei 6 bacini idrografici in studio.

Per il comparto suinicolo e avicolo, tali dati sono stati integrati con le informazioni contenute nelle domande di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) che riguardano gli allevamenti intensivi.

Per il comparto equino e cunicolo poiché le informazioni dell'Assessorato alla Sanità fanno riferimento al numero di allevamenti, i dati sulla consistenza in numero di capi equini e cunicoli sono stati stimati in funzione del numero di capi/allevamento riportato da elaborazioni ISTAT riferite al 2007 (INEA, 2010).

Per quanto concerne gli allevamenti suinicoli, il piano di eradicazione delle pesti suine della Regione Sardegna (Legge Regionale n. 3 del 5 marzo 2008), indica tra le zone ad alto rischio i comuni di Bitti (che ricade in parte all'interno dei bacini di Posada e Sos Scanales), Lula e Onani (nel bacino di Posada), Desulo, Tiana e Tonara (bacino del Torrei).

Il carico potenziale di origine zootecnica, calcolato per l'azoto e il fosforo, è stato valutato in funzione del numero dei capi allevati e dei relativi fattori di carico.

I coefficienti di conversione in azoto, in funzione della categoria animale e tipologia di stabulazione, fanno riferimento alla tabella 2 dell'allegato I del DM 7 aprile 2006 "Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento". In figura 4.1.5 è riportata la ripartizione del carico potenziale in azoto di origine zootecnica, per il bacino del Lago del Bidighinzu.

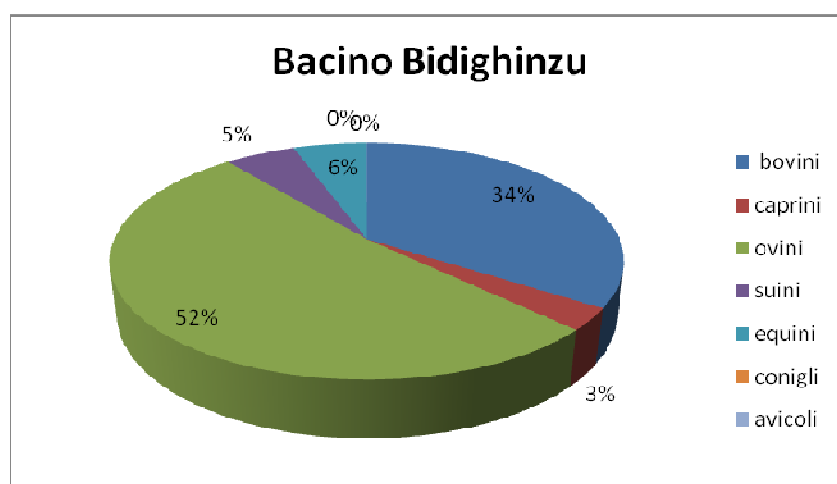


Fig. 4.1.5 - Ripartizione % del carico potenziale in azoto per tipologia bestiame, nel bacino del Bidighinzu.

I coefficienti di conversione in fosforo sono quelli riportati nel quaderno IRSA n. 90 (Barbiero et al., 1991), ad eccezione di quelli riguardanti i cunicoli che fanno riferimento al Piano di Gestione distretto idrografico Regione Sardegna (2010). In figura 4.1.6 è riportata la ripartizione del carico potenziale di fosforo di origine zootecnica, per il bacino del Lago del Bidighinzu.

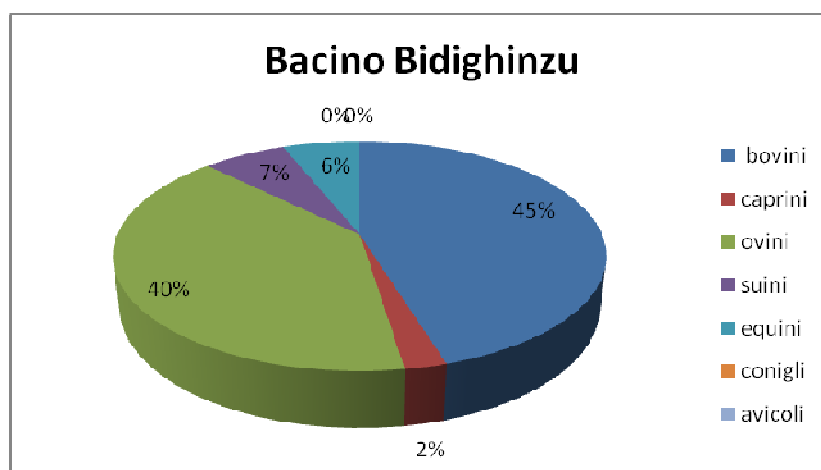


Fig. 4.1.6 - Ripartizione % del carico potenziale in fosforo per tipologia bestiame, nel bacino del Bidighinzu.

Per il carico effettivo di origine zootecnica si considera come carico di azoto e fosforo effettivamente rilasciato al corpo idrico il 5% della quota complessiva del carico potenziale prodotto (Barbiero et al., 1991).

Una volta definiti i carichi potenziali e stabilite le percentuali di abbattimento, è possibile stimare i carichi che dovrebbero teoricamente essere trasportati fino alla chiusura del singolo bacino.

Nella tabella 4.1.1 si riporta la quota dei carichi annuali di origine zootecnica transitanti all'interno del bacino del Bidighinzu, per azoto e fosforo.

Tab. 4.1.1 – Carichi annui di origine zootecnica per azoto e fosforo per il bacino del Bidighinzu.

Bacino	Carichi potenziali di origine zootecnica		Carichi effettivi di origine zootecnica	
	azoto	fosforo	azoto	fosforo
	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>
Bidighinzu	128,38	27,08	6,42	1,35

Attività agricola

La stima del carico di nutrienti di origine agricola, con riferimento all'azoto e al fosforo, viene effettuata su due livelli: il primo mirato a conoscere il quantitativo di nutrienti sparsi sul suolo (**carichi potenziali**), il secondo per stimare la quantità di tali sostanze che raggiungono il corpo idrico e che quindi sono riscontrate dai monitoraggi qualitativi nei corsi d'acqua (**carichi effettivi**).

Il carico potenziale di origine agricola, è stato calcolato per l'azoto e il fosforo applicando tassi di impiego medio dei fertilizzanti inorganici (fattori moltiplicativi), espressi in kg/ettaro/anno, riferiti alle tipologie colturali presenti all'interno del bacino e alle relative superfici coltivate.

L'individuazione della destinazione d'uso del suolo e dell'estensione delle superfici coltivate è stata effettuata mediante gli shape "uso suolo" del progetto Corine Land Cover

(2008).

I fattori moltiplicativi utilizzati sono quelli riportati in alcuni lavori dell'Autorità di Bacino Fiume Po, dell'Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Adige e nei Piani di gestione del distretto idrografico della Sardegna e della Sicilia.

La stima dei *carichi effettivi* di origine agricola si basa su dati di letteratura del CNR-IRSA riportati nel quaderno n. 90 (Barbiero et al., 1991) che simulano l'abbattimento del carico potenziale tra sorgente e corpo idrico superficiale tramite una percentuale di abbattimento che si attesta al 97% per il fosforo e all'80% per l'azoto (coefficiente moltiplicativo pari al 20% per l'azoto e 3% per il fosforo). Le percentuali di abbattimento si applicano ai *carichi potenziali* originati dalla fertilizzazione delle diverse tipologie diverse colturali.

Si opera in maniera diversa per i carichi relativi al suolo non coltivato moltiplicando i carichi potenziali per i seguenti coefficienti: 2 kg ha/anno per l'azoto e 0,1 kg ha/anno per il fosforo. In tabella 4.1.2 sono riportati i carichi di origine agricola, potenziali ed effettivi per l'azoto e il fosforo per il bacino del Lago Bidighinzu.

Tab. 4.1.2 – Carichi annui di origine agricola per azoto e fosforo per il bacino del Bidighinzu.

Bacino	Carichi potenziali di origine agricola		Carichi effettivi di origine agricola	
	azoto	fosforo	azoto	fosforo
	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>
Bidighinzu	256,69	89,52	55,01	2,87



Lago Bidighinzu, diga



Lago Bidighinzu e bacino drenante



Lago Bidighinzu



Lago Bidighinzu e bacino drenante



Lago Bidighinzu e bacino drenante



Lago Bidighinzu, costruzioni isolate



Lago Bidighinzu e bacino drenante



Lago Bidighinzu, ovini

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Nella campagna primaverile, effettuata nella prima settimana di febbraio 2011, sono stati prelevati campioni in 2 punti: uno nella zona profonda nei pressi della diga e un secondo

punto lungo il ramo posto in corrispondenza del tributario principale nella fascia intermedia (Tab. 4.1.3, Fig. 4.1.7). Si è tentato di eseguire un secondo campionamento nel ramo secondario occidentale, ma senza esito positivo, vista la natura rocciosa del substrato.

In questo lago non sono stati prelevati campioni per l'analisi granulometrica, in quanto i dati relativi alla granulometria sono stati forniti dall'Ente gestore dell'invaso (ENAS).

Il campionamento per le analisi chimiche è stato effettuato su colonna, dallo stesso Ente, nei pressi della boa galleggiante posizionata alla massima profondità. Anche le analisi chimiche sono state effettuate presso i laboratori di ENAS.

Tab. 4.1.3 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti di campionamento per l'analisi biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	9	471315	4489536	40	33	21,93	8	39	40,27
	T1 St. 1	26,2	472757	4487799	40	32	25,77	8	40	41,86

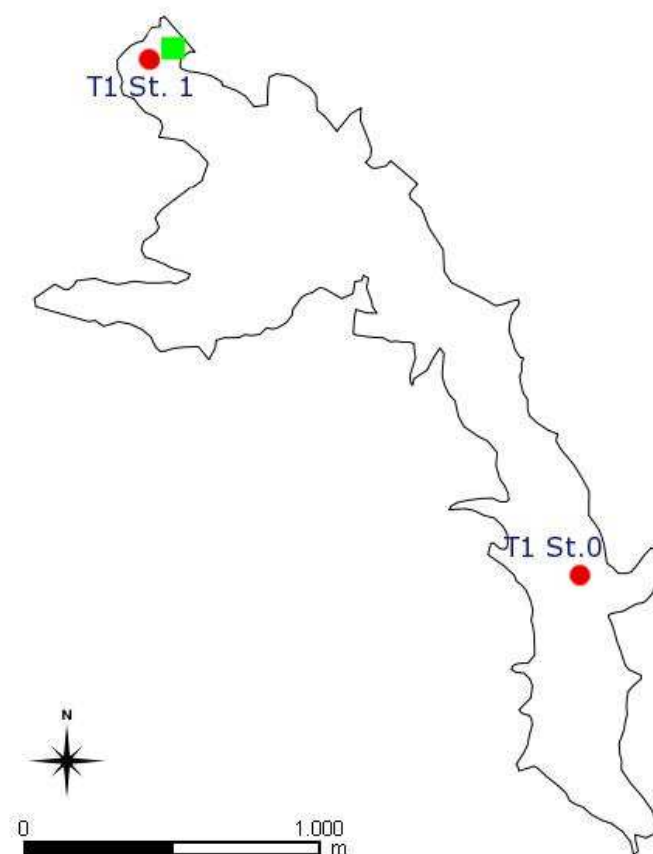


Fig. 4.1.7 - Carta del perimetro del lago con stazioni per l'analisi biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

I campionamenti nei laghi della Sardegna scelti per il progetto INHABIT sono stati condotti dal Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche dell'Università di Sassari,

con il supporto logistico dell'Ente Acque della Sardegna (ENAS), seguendo il protocollo nazionale illustrato in precedenza. Si riporta di seguito (Fig. 4.1.8) la mappa batimetrica e la posizione della stazione di campionamento.

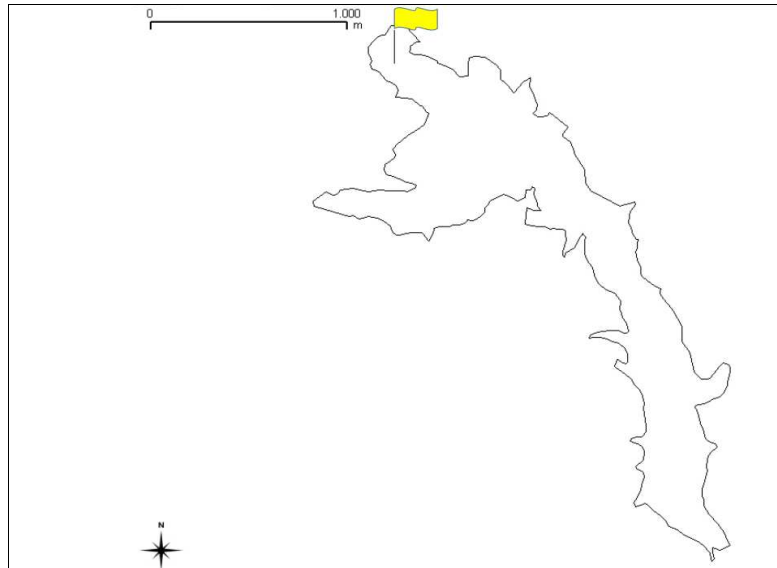


Fig. 4.1.8 – Lago Bidighinzu, la bandierina gialla indica il punto di campionamento.

Tutte le attività di campo si sono svolte regolarmente senza particolari difficoltà da segnalare.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica si svolgerà nel mese di ottobre 2011.

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

La valutazione idromorfologica è stata svolta, anche per questi laghi, utilizzando il metodo Lake Habitat Survey (LHS) (SNIFFER, 2008). I punti di osservazione hab-plots, sono stati 10, equidistanti tra loro, come da protocollo, preventivamente definiti attraverso foto aeree e cartografia GIS, così che, con l'utilizzo di un GPS, è stato più semplice e veloce la definizione in campo dei punti di osservazione. In figura 4.1.9 sono riportati in rosso i 10 hab-plot indagati. L'applicazione del metodo è stata possibile grazie al notevole contributo in mezzi e persone offertoci da ENAS (Ente Acque Sardegna).

In tabella 4.1.4 sono riportate le coordinate dei punti di osservazione e di applicazione del metodo.

Non ci sono da segnalare particolari difficoltà o problematiche emerse se non la necessaria cautela durante la navigazione sottocosta, per la possibile presenza di parti di piante sommerse o fondale troppo basso per l'imbarcazione.

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 1-2). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e

diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 4.1.

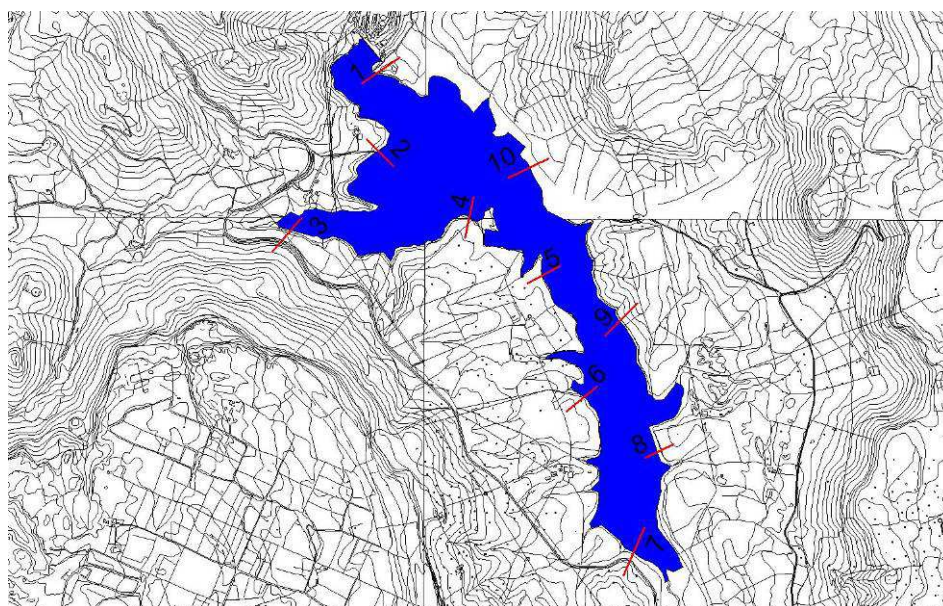


Fig. 4.1.9 – Punti di applicazione del metodo LHS.

Tab. 4.1.4 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD
1	1471492,92014	4489523,02883
2	1471490,41138	4489094,03040
3	1471003,71140	4488670,04949
4	1471954,53249	4488757,85619
5	1472343,39072	4488461,82218
6	1472544,09174	4487814,56139
7	1472815,03812	4487021,79236
8	1472948,00254	4487543,61501
9	1472749,81029	4488228,50725
10	1472263,11031	4489013,74999

Per quanto riguarda il Lago Bidighinzu sono da segnalare, oltre alla presenza della diga, impatti legati all'uso del suolo (agricoltura) e ad allevamenti (bovini e ovini). Nella zona vicina al lago e all'interno dei 50 m verso l'entroterra, ovvero nella zona indagata, non sono presenti abitazioni o centri abitati, ma solo qualche casa isolata, e singole costruzioni adibite a ricovero per animali. La maggior parte della zona riparia è costituita da brughiera o campi coltivati, o terreno a pascolo, qualche prato naturale. La zona litorale è costituita principalmente da sassi e roccia, ma spesso non è ben visibile data la scarsa trasparenza dell'acqua. Lungo la sponda sono evidenti i segni delle fluttuazioni di livello, su lunghi tratti si sono osservate erosioni localizzate, anche di una certa entità.

4.2 LAGO SOS CANALES

Inquadramento geografico e morfometria

Il bacino imbrifero del Tirso ha un'estensione di circa 3.365,78 km², è caratterizzato da un'intensa idrografia con sviluppo prevalentemente dentritico dovuto alle varie tipologie rocciose attraversate lungo la parte centrale ed è delimitata a Ovest dal massiccio del Montiferru, a Nord-Ovest dalle Catene del Marghine e del Goceano, a Nord dall'altopiano di Buddusò, a Est dal massiccio del Gennargentu, a Sud dall'altopiano della Giara di Gesturi e dal Monte Arci. L'altimetria è notevolmente varia: sono presenti aree pianeggianti, collinari, e montuose che culminano con le vette del versante settentrionale del Gennargentu (Bruncu Spina 1.829 m s.l.m.).

Il fiume Tirso nasce dall'altopiano di Buddusò e sfocia nel Golfo di Oristano dopo un percorso di 159 km circa. L'andamento del suo corso si differenzia notevolmente procedendo dalla sorgente alla foce. Uno degli elementi di maggiore importanza di questo vasto bacino è la presenza di numerosi invasi artificiali, tra cui si citano gli invasi del lago Torrei, Sos Canales, Omodeo, di Gusana e del Cucchinadorza (Fig. 4.2.1). Tra questi, particolarmente rilevante dal punto di vista della quantità d'acqua invasabile è il lago Omodeo con capacità massime d'invaso di 792 milioni di metri cubi. (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Tirso).

Secondo la codifica regionale il codice del bacino del Sos Canales è 0222 e quello del corpo idrico LA4025, si trova in provincia di Sassari e il comune che si affaccia sul lago è il Comune di Buddusò. La superficie del lago è di 0,3 km² e ha una profondità di 47,5 m. La diga è stata costruita sul Fiume Tirso con inizio lavori nel 1956 e terminata nel 1959. E' una diga a speroni con spalle a gravità in calcestruzzo alta 51 m secondo il D.Min.L.L.PP. marzo'82. La quota al coronamento è di 712,5 m s.l.m., il volume di invaso secondo D.Min.L.L.PP. marzo'82 è di 5,06 x10⁶m³ mentre quello utile di regolazione è di 3,58 x10⁶m³ ed è quello a oggi autorizzato. La quota di massimo invaso è di 711,5 m s.l.m. e la quota di massima regolazione è 709 m s.l.m.

L'utilizzo della diga è per scopo potabile, l'ultimo collaudo fatto risale al 19/04/1968 ed è tutt'ora autorizzata la quota massima di regolazione.

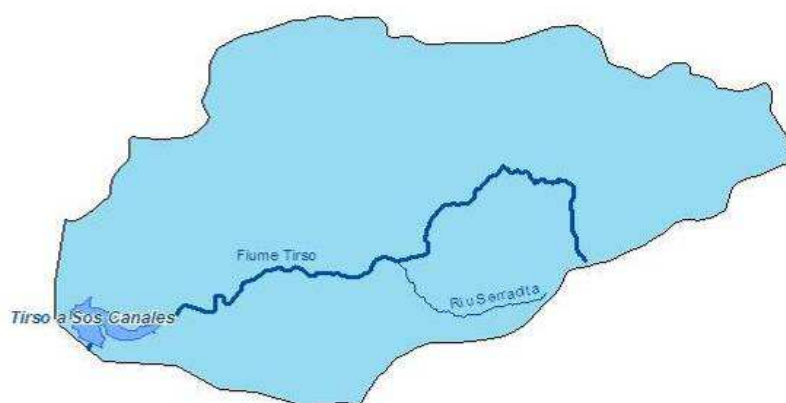
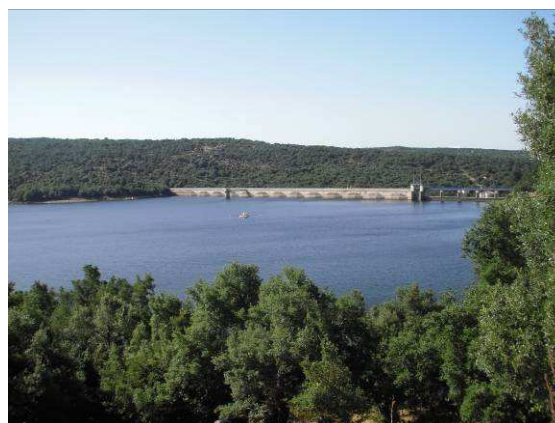


Fig. 4.2.1 – Lago Sos Canales e suo bacino imbrifero.



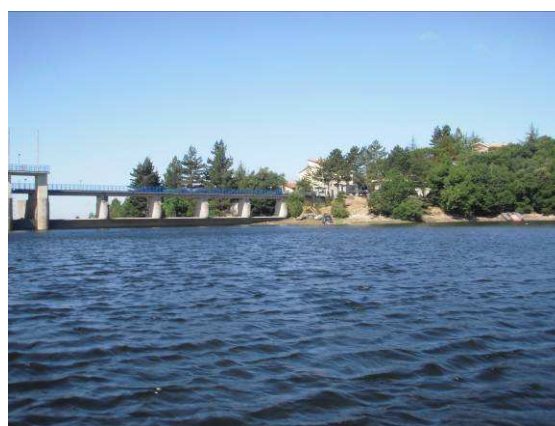
Lago Sos Canales, panorama



Lago Sos Canales panorama e diga



Lago Sos Canales



Lago Sos Canales e diga

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Da un punto di vista geologico l'area è caratterizzata da una vasta eterogeneità che si traduce anche nello sviluppo di un reticolo idrografico asimmetrico.

Le rocce più abbondanti in questo bacino sono rocce paleozoiche. In particolare, nel settore settentrionale è presente un complesso granitico sotto forma di altopiani (Altopiano di Alà dei Sardi e Buddusò) con morfologia molto regolare. Nel settore orientale è presente una catena di vulcaniti oligo-mioceniche, graniti e rocce metamorfiche. Nella parte sud-orientale sono presenti delle rocce paleozoiche (Siluriano) debolmente metamorfosate costituite da:

1. Arenarie scistose
2. Micascisti
3. Quarziti e filladi.

Nella parte sud è presente una successione calcareo dolomitica di età giurassica. Nel settore centro-occidentale sono presenti dei grandi espandimenti lavici plio-pleistocenici basaltici che formano un vasto altopiano. Inoltre, nell'area sud, affiorano sedimenti sabbioso-conglomeratici di età Miocenica. Il quaternario, dove presente, è caratterizzato

da un notevole spessore di sedimenti i quali sono sede di importanti falde acquifere. La morfologia subisce notevoli mutamenti in corrispondenza delle diverse litologie. Le rocce gnessiche e scistose del basamento paleozoico presentano una morfologia dolce e costituiscono l'ossatura del Monte Grighini. Fa contrasto la morfologia a gradinate caratteristica delle ignimbriti e delle tufiti, presenti nella parte centrale ed orientale del bacino. (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Tirso).

Per quanto riguarda l'uso del suolo, si è proceduto come per il lago Bidighinzu. Il bacino sotteso dal lago Sos Scanales presenta un'estensione complessiva di 1.596 ettari e ricade all'interno del territorio dei comuni di Buddusò in provincia di Olbia-Tempio e Bitti in provincia di Nuoro.

Il territorio del bacino, il cui dettaglio sulle classi di copertura è riportato in figura 4.2.2, è caratterizzato per l'81,7% da zone boscate e altri ambienti seminaturali.

Per quanto concerne l'uso del suolo agricolo, che rappresenta il 16,4% della superficie del bacino, esso è caratterizzato da aree con colture temporanee associate a colture permanenti (8,2%) e da seminativi in aree non irrigue (4,5%). Poco presenti sono le superfici occupate da prati artificiali (1,3%), da aree agroforestali (1,3%), da aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti (1,0%).

Una minima parte della superficie del bacino è occupata da aree modellate artificialmente (pari allo 0,4% della superficie) e da corpi idrici (1,6%).

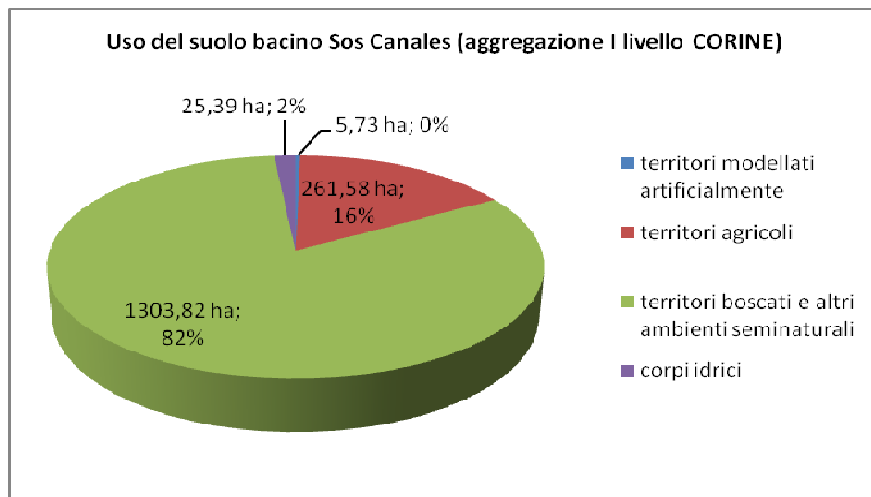


Fig. 4.2.2 – Aggregazione classi I livello CORINE uso del suolo bacino del Lago Sos Scanales.

In figura 4.2.3 è riportata la suddivisione nelle diverse categorie all'interno del bacino imbrifero del Lago Sos Canales.

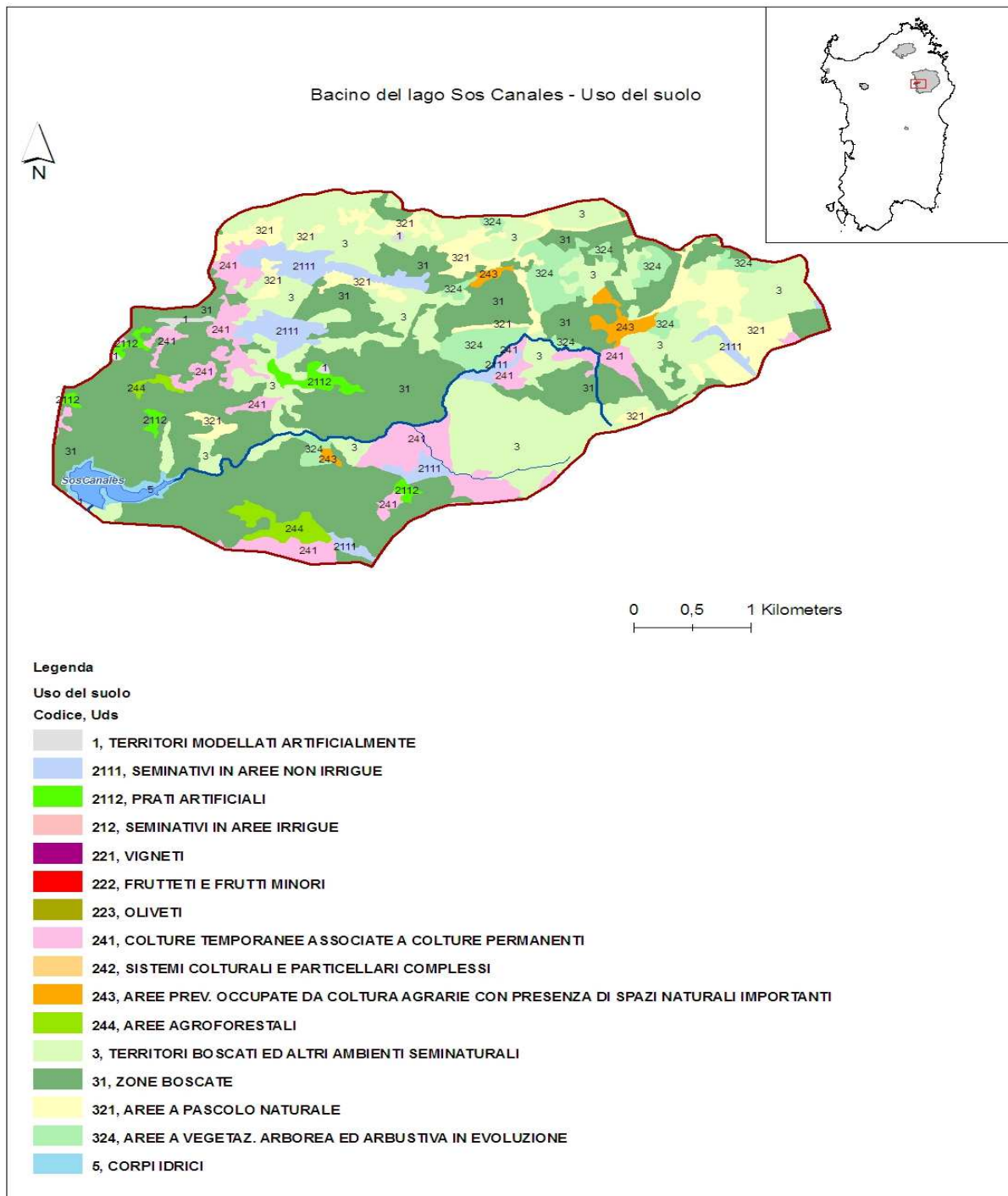


Fig. 4.2.3 - Uso del suolo all'interno del bacino del Lago Sos Canales.

Attività zootecnica

La distribuzione di tipologia di allevamento per tutti i bacini oggetto di studio è riportata In figura 4.1.4, suddivisa per ogni tipologia animale, espressa in numero di capi anche per il bacino del Lago Sos Canales.

Il carico potenziale di origine zootecnica, è stato calcolato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda il carico di azoto che di fosforo che per i carichi potenziale ed effettivo. In figura 4.2.4 è riportata la ripartizione del carico potenziale in azoto di origine zootecnica, per il bacino del Lago Sos Canales.

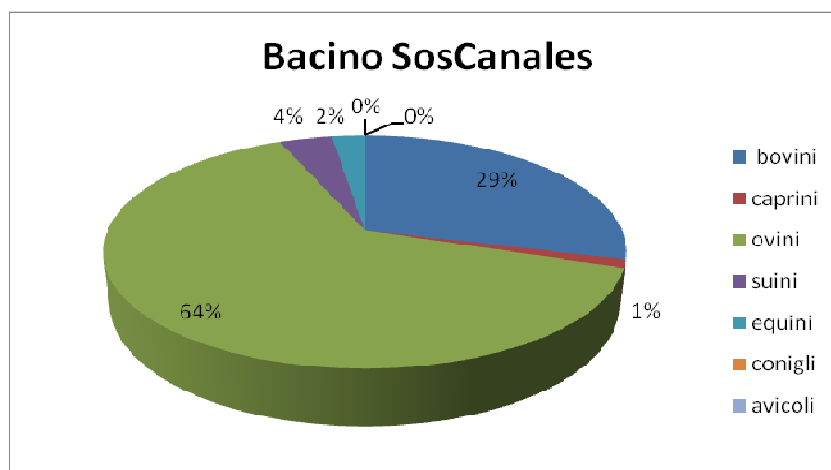


Fig. 4.2.4 - Ripartizione % del carico potenziale in azoto per tipologia bestiame, nel bacino del Sos Canales.

In figura 4.2.5 è riportata la ripartizione del carico potenziale di fosforo di origine zootecnica, per il bacino del Lago Sos Canales.

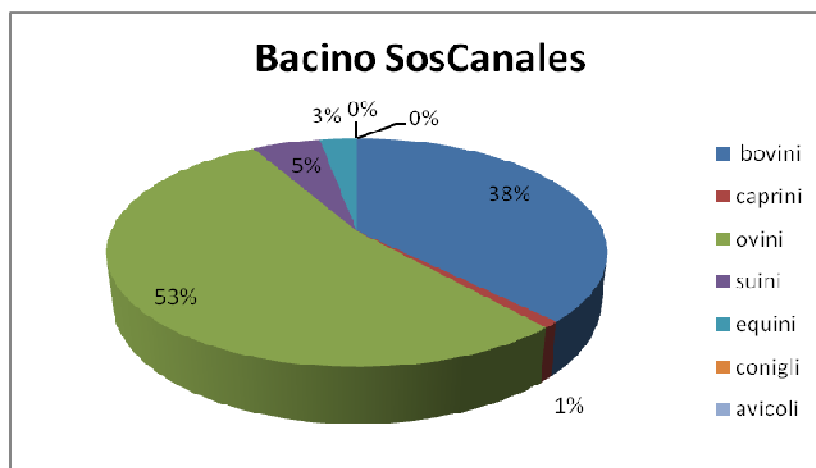


Fig. 4.2.5 - Ripartizione % del carico potenziale in fosforo per tipologia bestiame, nel bacino del Sos Canales.

Nella tabella 4.2.1 si riporta la quota dei carichi annuali di origine zootecnica transitanti all'interno del bacino del Lago Sos Canales, per azoto e fosforo.

Tab. 4.2.1 – Carichi annui di origine zootecnica per azoto e fosforo per il bacino del Sos Canales.

Bacino	Carichi potenziali di origine zootecnica		Carichi effettivi di origine zootecnica	
	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>
Sos canales	18,92	3,65	0,95	0,18

Attività agricola

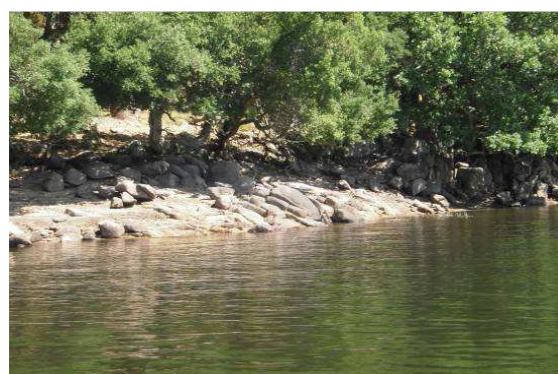
La stima del carico di nutrienti di origine agricola, è stato effettuato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda l'azoto che il fosforo, sia per i carichi potenziali che effettivi. In tabella 4.2.2 sono riportati i carichi di origine agricola, potenziali ed effettivi per l'azoto e il fosforo per il bacino del Lago Sos Canales.

Tab. 4.2.2 – Carichi annui di origine agricola per azoto e fosforo per il bacino del Sos Canales.

Bacino	Carichi potenziali di origine agricola		Carichi effettivi di origine agricola	
	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>
Sos Canales	33,99	11,19	9,08	0,45



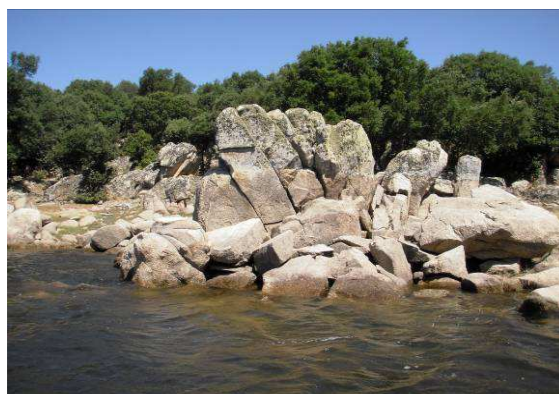
Lago Sos Canales, caratteristiche della sponda



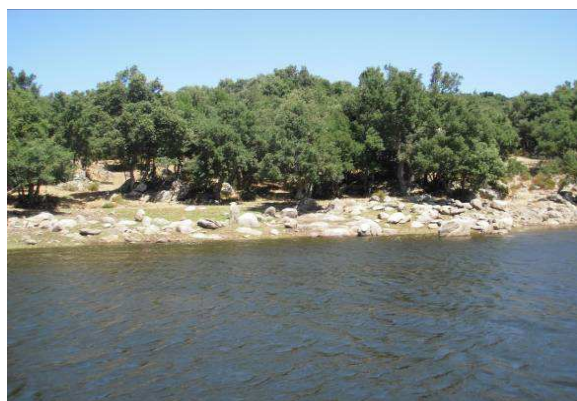
Lago Sos Canales, caratteristiche della sponda



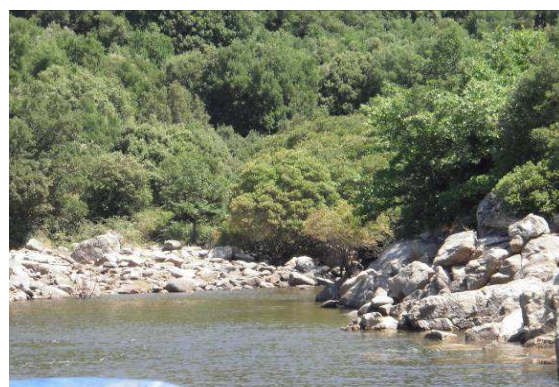
Lago Sos Canales e caratteristiche della sponda



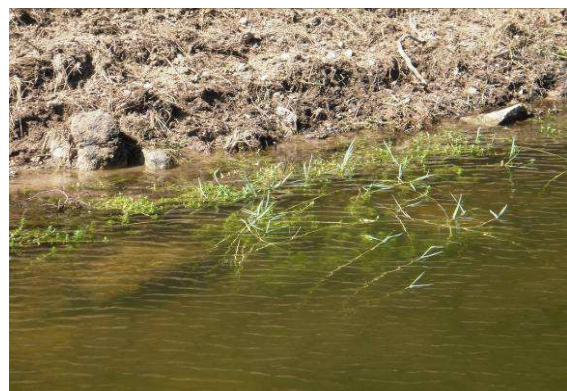
Lago Sos Canales, particolare zona rocciosa



Lago Sos Canales



Lago Sos Canales, affluente principale



Lago Sos Canales, macrofite



Lago Sos Canales, sponda e diga

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Nel Lago Sos Canales, in Primavera, sono stati prelevati campioni per le analisi granulometriche e biologiche, in due punti, uno alla massima profondità e uno nella zona intermedia, a livello dell'immissario principale (Tab. 4.2.3).

Il campionamento per le analisi chimiche è stato effettuato su colonna dallo stesso Ente gestore, nei pressi della boa galleggiante posizionata alla massima profondità (Fig. 4.2.6). Anche le analisi chimiche sono state effettuate presso i laboratori di ENAS.

Tab. 4.2.3 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti di campionamento per l'analisi granulometrica, biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	10,5	527306	4489474	40	33	20,08	9	19	21,08
	T1 St. 1	36,5	526593	4489409	40	33	18,06	9	18	50,75

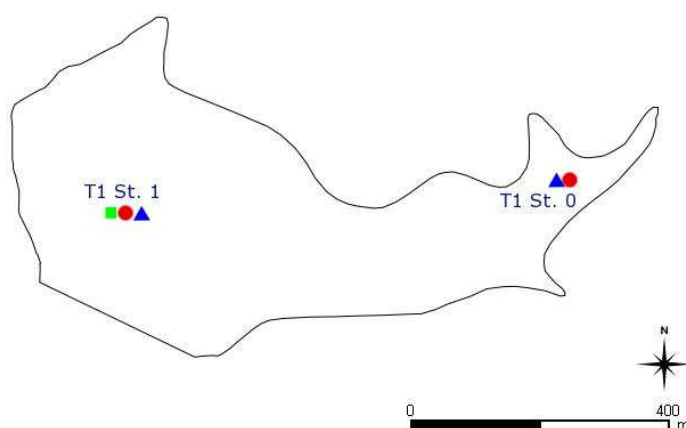


Fig. 4.2.6 - Carta del perimetro del lago con stazioni per l'analisi granulometrica (▲), biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

I campionamenti nei laghi della Sardegna scelti per il progetto INHABIT sono stati condotti dal Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche dell'Università di Sassari, con il supporto logistico dell'Ente Acque della Sardegna (ENAS), seguendo il protocollo nazionale illustrato in precedenza. Si riporta di seguito (Fig. 4.2.7) la mappa batimetrica e la posizione della stazione di campionamento.

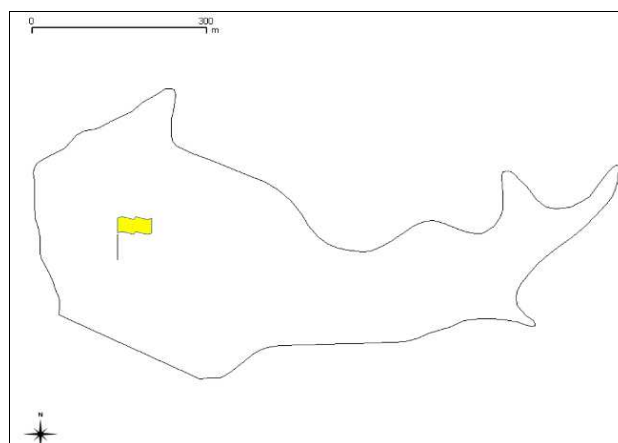


Fig. 4.2.7 – Lago Sos Canales, la bandierina gialla indica il punto di campionamento.

Tutte le attività di campo si sono svolte regolarmente e non ci sono da segnalare particolari difficoltà.

Macrofite strategie di campionamento e difficoltà

In regione Sardegna si è effettuato il campionamento, sull'unico lago naturale: il Lago di Baratz. Gli altri, essendo bacini artificiali - fortemente modificati *sensu* Direttiva 2000/60/CE, sono stati esclusi dalle operazioni di campionamento. Su questi stessi laghi, vista la nostra presenza sull'isola, si è deciso ugualmente di esaminare la zona litorale con ispezione da terra percorrendo la riva a piedi. Si è potuto così individuare alcuni siti con idrofite sul Lago Liscia e sul Lago Sos Canales, permettendo di comporre la prima lista floristica per questi laghi. Qui di seguito verrà effettuata una breve descrizione di dove e di ciò che è stato ritrovato.

Il Lago Sos Canales è un lago fortemente modificato che presenta basse oscillazioni del livello. In questo invaso sono presenti numerose specie segnalate in diversi siti, lungo l'intera zona litorale; la mancanza di una imbarcazione ha impedito di fare un giro completo del lago ma sono comunque state raccolte tutte le specie presenti. In figura 4.2.8 sono evidenziati i punti di rilievo, dove sono stati raccolti diversi campioni di piante.



Figura 4.2.8 - Punti di campionamento (in giallo) effettuati sul Lago Sos Canales. L'immagine satellitare è stata scaricata da GoogleEarth.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica si svolgerà nel mese di ottobre 2011.

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

I punti di osservazione hab-plots, sono stati 10, equidistanti tra loro, come da protocollo, preventivamente definiti attraverso foto aeree e cartografia GIS, così che, con l'utilizzo di un GPS, è stato più semplice e veloce la definizione in campo dei punti di osservazione. In figura 4.2.9 sono riportati in rosso i 10 hab-plot indagati. L'applicazione del metodo è stata possibile grazie al notevole contributo in mezzi e persone offertoci da ENAS (Ente Acque Sardegna).

In tabella 4.2.4 sono riportate le coordinate dei punti di osservazione e di applicazione del metodo.

Non ci sono da segnalare particolari difficoltà se non la presenza di vento che ha reso difficile, in qualche punto il posizionamento corretto della barca.

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 3-4). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 4.2.

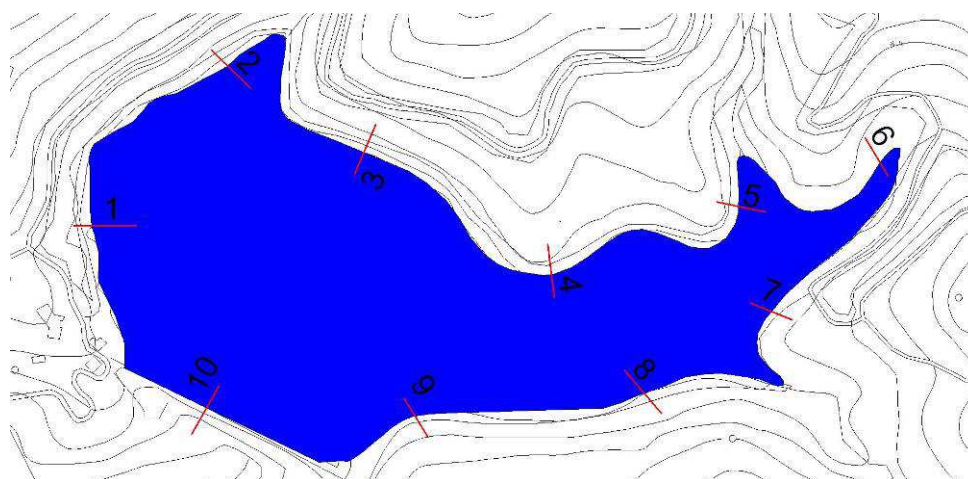


Fig. 4.2.9 – Punti di applicazione del metodo LHS.

Tab. 4.2.4 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD
1	1526430,50315	4489494,07712
2	1526586,83493	4489686,34188
3	1526752,96661	4489587,87619
4	1526983,03099	4489438,07768
5	1527218,22865	4489516,94356
6	1527386,22698	4489578,54295
7	1527255,56161	4489388,61151
8	1527096,89652	4489289,21249
9	1526815,49932	4489257,47948
10	1526555,10191	4489266,81272

Per quanto riguarda il Lago Sos Canales non ci sono particolari impatti idromorfologici da segnalare se non la presenza della diga. La maggior parte della zona riparia osservata (50 m dalla riva verso l'entroterra), è costituita da bosco e cespugli, a volte più radi in alcuni punti. Di particolare interesse la presenza di una zona rocciosa con massi di notevoli dimensioni che costituisce un interessante e particolare habitat. La sponda è spesso senza vegetazione a causa delle fluttuazioni di livello, anche se meno evidenti (elevate) rispetto a quelle del Lago Bidighinzu. Qualche isolata zona di erosione spondale e presenza di qualche sentiero che raggiunge il lago. La zona litorale è costituita prevalentemente da roccia e sassi, ma anche da sabbia e limo in alcuni punti.

4.3 LAGO LISCIA

Inquadramento geografico e morfometria

Il bacino imbrifero del Fiume Liscia ha un'estensione di circa 1031 km² ed è delimitato a Sud dal Massiccio del Limbara, ad Est dai rilievi di Punta Salici e Monte Littigheddu, sino ad arrivare sulla costa al promontorio di Isola Rossa, ad Ovest dai modesti rilievi del M. Pinna e di Punta di Manas e a Nord dalle Bocche di Bonifacio. L'altimetria del bacino varia con quote che vanno da 0 m s.l.m. in corrispondenza della foce del Fiume Liscia ai 1285 m s.l.m. in corrispondenza dei Monti del Limbara; l'altitudine media sul livello del mare è di 342 m.

Il fiume ha origine nel versante Nord del Massiccio del Limbara. Gli affluenti principali del fiume sono: a sinistra il Rio Bassacutena, che ha origine dalla confluenza del Rio di Viglieto e del Rio di Baldu, e il Rio Balaiana; a destra il Rio S. Paolo, il Rio Platu, il Rio Uddastru.

Nel tratto medio del corso, alla stretta di M. Calamaiu, è stato ubicato uno sbarramento, la Diga del Liscia (Fig. 4.3.1).

Secondo la codifica regionale il codice del bacino in cui è ubicata la diga è 0164 e quello del corpo idrico LA4014; la diga si trova in provincia di Sassari e il comune che si affaccia sul lago è il Comune di Luras. La superficie del lago è di 5,57 km² e ha una profondità di 63,5 m. La diga è stata costruita sul Fiume Liscia con inizio lavori nel 1958 e terminata nel 1962. È una diga a gravità a speroni con vani interni in calcestruzzo alta 69 m secondo il D.Min.L.L.PP. marzo'82. La quota al coronamento è di 180 m s.l.m., il volume di invaso secondo D.Min.L.L.PP. marzo'82 è di 106 x10⁶m³ mentre quello utile di regolazione è di 104 x10⁶m³ ed è quello ad oggi autorizzato. La quota di massimo invaso è di 177,65 m s.l.m. e la quota di massima regolazione è 177,50 m s.l.m.

L'utilizzo della diga è per scopo potabile, irriguo e industriale ma l'utilizzo prevalente è quello potabile. Il collaudo è ad oggi in corso (2006) ed è tutt'ora autorizzata la quota massima di regolazione.

(<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Liscia).



Fig. 4.3.1 – Lago Liscia e suo bacino imbrifero.



Lago Liscia, panorama



Lago Liscia, Panorama



Lago Liscia, attraversamento



Lago Liscia, particolare: paratoie diga

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Dal punto di vista geologico l'area è formata quasi esclusivamente di graniti risalenti al Carbonifero

Superiore-Permiano. Si tratta di granodioriti tonalitiche, tonaliti, leucograniti e monzograniti, spesso di colore rosa, raramente grigio.

Nella parte centrale del bacino è presente un complesso metamorfico migmatitico costituito prevalentemente da scisti, gneiss e migmatiti.

La morfologia è condizionata dal vasto complesso granitico presente. Le forme sono quelle tipiche: creste di roccia seghettate e scoscese alternate a piccole valli, pietraie, Tor, alte pile di blocchi rocciosi, Tafoni. Nell'insieme il bacino degrada da Sud verso Nord attraverso una serie di catene discontinue con orientamento Sud-Est/Nord-Ovest.

Notevole interesse dal punto di vista geomorfologico hanno le formazioni dunali di Porto Puddu e Porto Liscia, in prossimità della foce dell'omonimo corso d'acqua. Queste rappresentano quasi il 5% del territorio del bacino e sono disposte secondo la direzione del vento: si tratta dunque di dune di tipo longitudinale, separate da corridoi. Il vento che soffia da ponente (ovest), determina lo spostamento della sabbia verso est e il suo accumulo nella parte interna di Porto Puddu, con la formazione di rilievi che superano i 23 metri di quota e che cadono direttamente sul mare con ripide pareti verticali.

(<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Liscia).

Per quanto riguarda l'uso del suolo si è usato lo stesso procedimento di valutazione applicato al bacino del Lago Bidighinzu.

Il bacino sotteso dal lago Liscia presenta un'estensione complessiva di 1.596 ettari e ricade all'interno del territorio dei comuni di Buddusò in provincia di Olbia-Tempio e Bitti in provincia di Nuoro. Il territorio del bacino, il cui dettaglio sulle classi di copertura è riportato in figura 4.3.2, è caratterizzato per l'81,7% da zone boscate e altri ambienti seminaturali.

Per quanto concerne l'uso del suolo agricolo, che rappresenta il 16,4% della superficie del bacino, esso è caratterizzato da aree con colture temporanee associate a colture permanenti (8,2%) e da seminativi in aree non irrigue (4,5%). Poco presenti sono le superfici occupate da prati artificiali (1,3%), da aree agroforestali (1,3%), da aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti (1,0%). Una minima parte della superficie del bacino è occupata da aree modellate artificialmente (pari allo 0,4% della superficie) e da corpi idrici (1,6%).

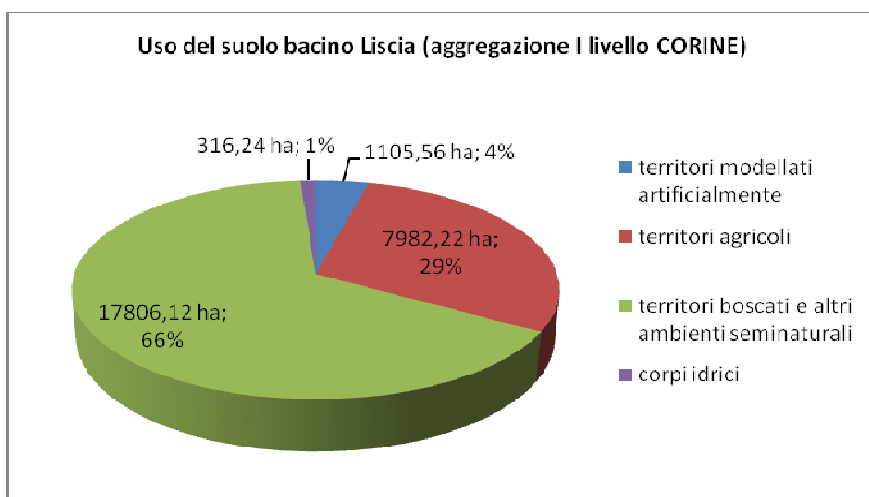


Fig. 4.3.2 – Aggregazione classi I livello CORINE uso del suolo bacino del Lago Liscia.

In figura 4.3.3 è riportata la suddivisione nelle diverse categorie all'interno del bacino imbrifero del Lago Liscia.

Attività zootecnica

La distribuzione di tipologia di allevamento per tutti i bacini oggetto di studio è riportata In figura 4.1.4, suddivisa per ogni tipologia animale, espressa in numero di capi anche per il bacino del Lago Liscia.

Il carico potenziale di origine zootecnica, è stato calcolato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda il carico di azoto che di fosforo che per i carichi potenziale ed effettivo.

In figura 4.3.4 è riportata la ripartizione del carico potenziale in azoto di origine zootecnica, per il bacino del Lago Liscia.

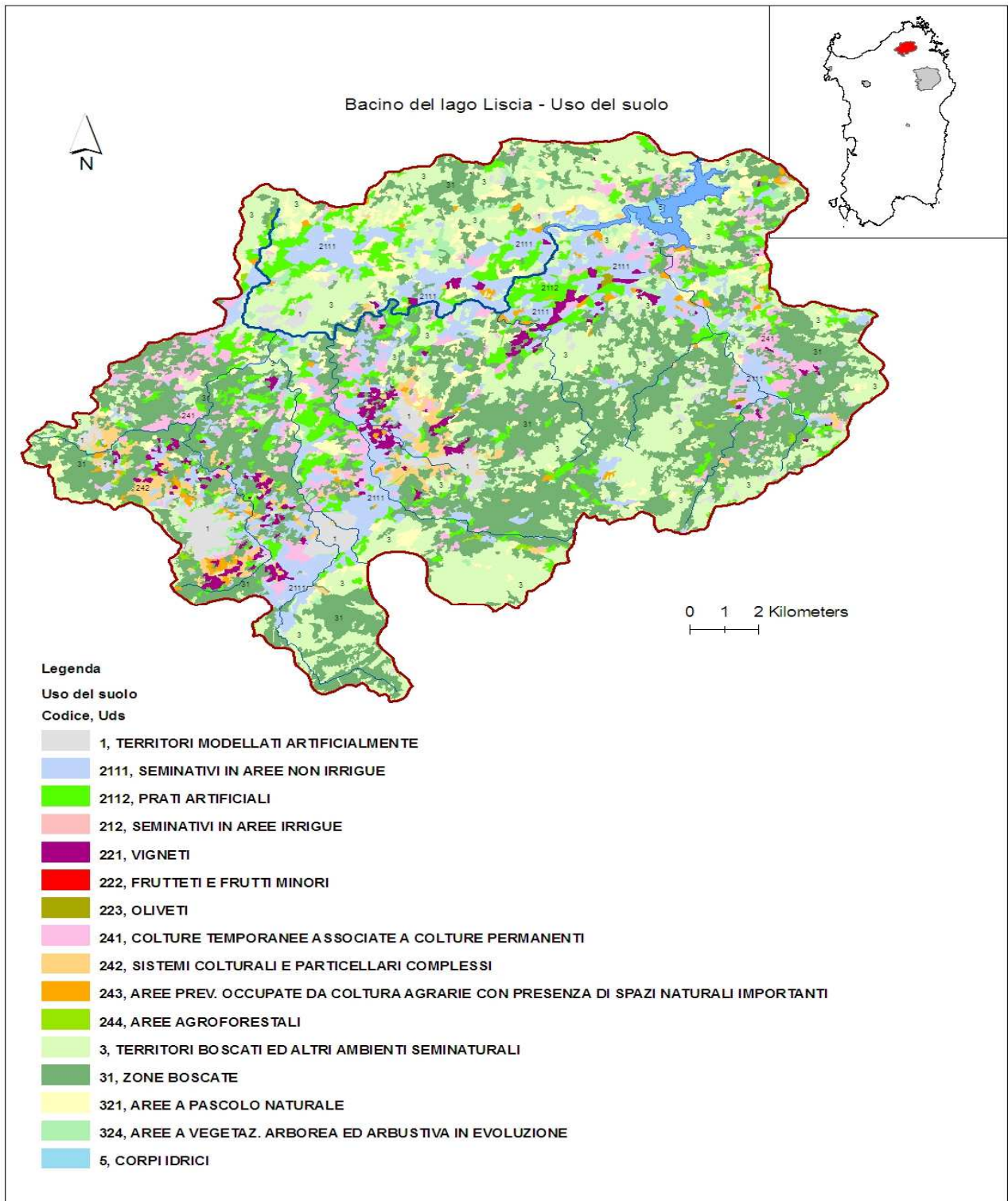


Fig. 4.3.3 - Uso del suolo all'interno del bacino del Lago Liscia.

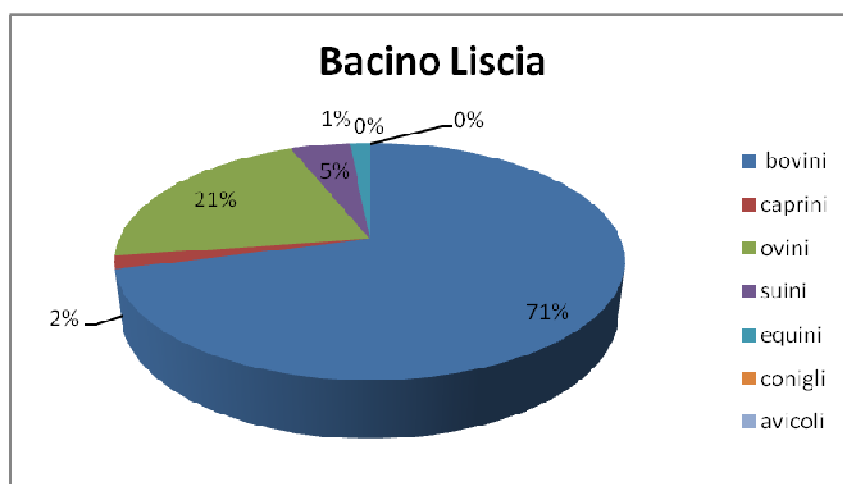


Fig. 4.3.4 - Ripartizione % del carico potenziale in azoto per tipologia bestiame, nel bacino del Liscia.

In figura 4.3.5 è riportata la ripartizione del carico potenziale di fosforo di origine zootecnica, per il bacino del Lago Liscia.

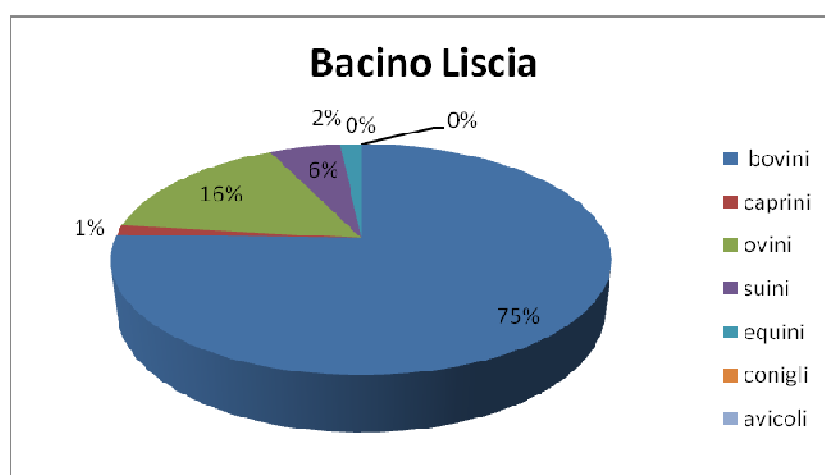


Fig. 4.3.5 - Ripartizione % del carico potenziale in fosforo per tipologia bestiame, nel bacino del Liscia.

Nella tabella 4.3.1 si riporta la quota dei carichi annuali di origine zootecnica transitanti all'interno del bacino del Lago Liscia, per azoto e fosforo.

Tab. 4.3.1 – Carichi annui di origine zootecnica per azoto e fosforo per il bacino del Liscia.

Bacino	Carichi potenziali di origine zootecnica		Carichi effettivi di origine zootecnica	
	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>
Liscia	191,36	40,91	9,57	2,05

Attività agricola

La stima del carico di nutrienti di origine agricola, è stato effettuato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda l'azoto che il fosforo, sia per i carichi potenziali che effettivi. In tabella 4.3.2 sono riportati i carichi di origine agricola, potenziali ed effettivi per l'azoto e il fosforo per il bacino del Lago Liscia.

Tab. 4.3.2 – Carichi annui di origine agricola per azoto e fosforo per il bacino del Liscia.

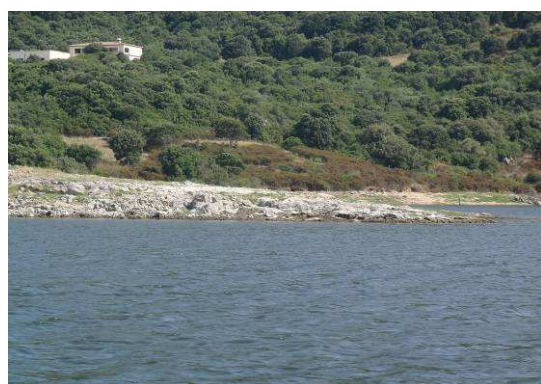
Bacino	Carichi potenziali di origine agricola		Carichi effettivi di origine agricola	
	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>
Liscia	1.034,59	321,59	242,63	11,43



Lago Liscia, particolare vegetazione riparia sommersa



Lago Liscia



Lago Liscia, caratteristica spondale



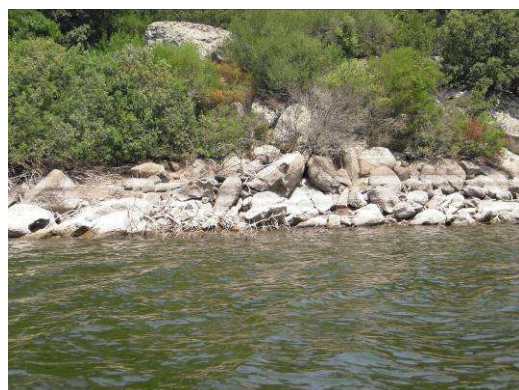
Lago Liscia, bovini



Lago Liscia, erosione spondale



Lago Liscia, frutteto



Lago Liscia, particolare sponda



Lago Liscia e bacino drenante

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Anche il Lago Liscia presenta un asse principale ed un ramo secondario di elevata dimensione ed estensione. Gli altri rami, meno estesi in lunghezza o larghezza, non sono stati considerati perché le tipologie sassose del loro substrato hanno reso impossibile l'uso di una draga.

In questo lago, in Primavera, sono stati campionati 3 punti che comprendono una zona profonda in prossimità della diga, e due zone intermedie a livello dei rami principali (Tab. 4.3.3).

I campioni per l'analisi granulometrica sono stati raccolti solamente nelle stazioni corrispondenti alla zona profonda e ad uno dei rami secondari, mentre nel punto situato nella zona fluviale non è stato possibile prelevare la dragata per questo tipo di analisi, data la natura del substrato (Fig. 4.3.6).

Il campionamento per le analisi chimiche è stato effettuato su colonna, dallo stesso Ente, nei pressi della boa galleggiante posizionata alla massima profondità. Anche le analisi chimiche sono state effettuate presso i laboratori di ENAS.

Tab. 4.3.3 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti di campionamento per l'analisi granulometrica, biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Second
Transetto 1	T1 St. 0	9,4	518902	4538268	40	59	43,35	9	13	29,05
	T1 St. 1	56	523108	4540100	41	0	42,37	9	16	29,32
Transetto 2	T2 St. 0	21	522908	4537530	40	59	19,05	9	16	20,42

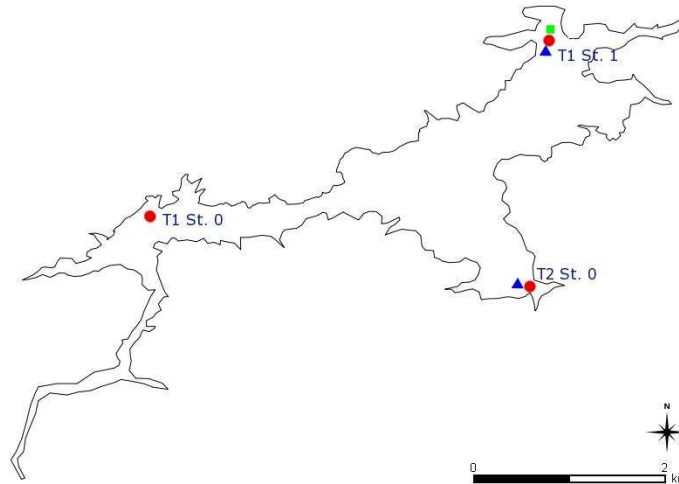


Fig. 4.3.6 - Carta del perimetro del lago con stazioni per l'analisi granulometrica (▲), biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

I campionamenti nei laghi della Sardegna scelti per il progetto INHABIT sono stati condotti dal Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche dell'Università di Sassari, con il supporto logistico dell'Ente Acque della Sardegna (ENAS), seguendo il protocollo nazionale illustrato in precedenza. Si riporta di seguito (Fig. 4.3.7) la mappa batimetrica e la posizione della stazione di campionamento.



Fig. 4.3.7 – Lago Liscia, la bandierina gialla indica il punto di campionamento.

Macrofite strategie di campionamento e difficoltà

Sul Lago di Liscia è stato possibile effettuare solo un rilievo di una zona litorale, da riva. Si è potuta notare la presenza di *Myriophyllum spicatum* (Fig. 4.3.8). Questa segnalazione seppur degna di nota, è poco significativa rispetto alle dimensioni del lago. Rimane comunque importante il fatto che ci sia una presenza di macrofite all'interno di ambienti che subiscono così forti oscillazioni di livello soprattutto nel periodo primaverile estivo, quando questi organismi iniziano la loro fase di espansione.



Figura 4.3.8 - Punto di campionamento (in verde) effettuato sul Lago di Liscia. L'immagine satellitare è stata scaricata da GoogleEarth.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica si svolgerà nel mese di ottobre 2011.

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

I punti di osservazione hab-plots, sono stati 10, equidistanti tra loro, come da protocollo, preventivamente definiti attraverso foto aeree e cartografia GIS, così che, con l'utilizzo di un GPS, è stato più semplice e veloce la definizione in campo dei punti di osservazione. In figura 4.3.9 sono riportati in rosso i 10 hab-plot indagati. L'applicazione del metodo è stata possibile grazie al notevole contributo in mezzi e persone offertoci da ENAS (Ente Acque Sardegna).

In tabella 4.3.4 sono riportate le coordinate dei punti di osservazione e di applicazione del metodo.

Non ci sono da segnalare particolari difficoltà; questo lago ha richiesto il maggior tempo di

applicazione del metodo, data la sua forma frastagliata e la necessità di percorrere tutto il perimetro sottocosta.

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 5-6). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 4.3.

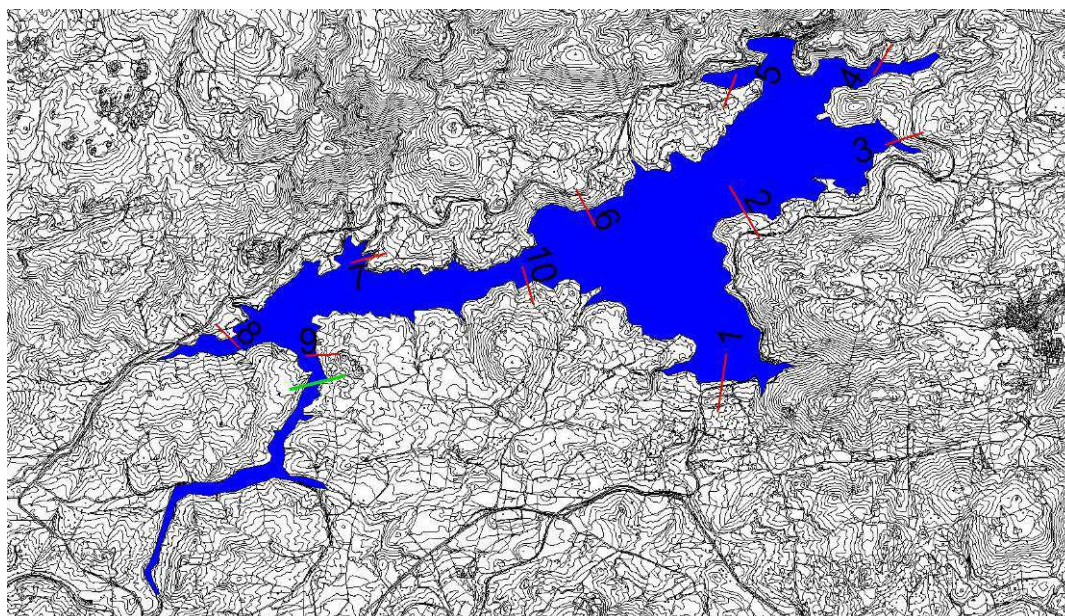


Fig. 4.3.9 – Punti di applicazione del metodo LHS. La linea verde indica l'interruzione artificiosa del bacino, effettuata per l'impossibilità di risalire con la barca.

Tab. 4.3.4 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey

ID	X_COORD	Y_COORD
1	1522615,69104	4537398,36963
2	1522811,75789	4538905,90583
3	1524223,43919	4539550,74790
4	1524031,72938	4540247,87447
5	1522685,40370	4539973,38089
6	1521421,58961	4538923,87835
7	1519496,04965	4538500,70101
8	1518249,93591	4537812,28853
9	1519086,48779	4537646,72097
10	1520899,01687	4538256,70671

Per quanto riguarda il Lago Liscia oltre alla presenza della diga sono da segnalare qualche pontile/attracco in alcuni punti, la presenza di allevamento di bovini, attività di pesca da riva, la presenza di un ponte di attraversamento con pile all'interno del lago, un'infrastruttura turistica oltre i 50 m dalla riva, posizionata sulla collina a ridosso del lago.

In generale è presente una elevata varietà e variabilità di ambienti, sia per quanto riguarda la zona riparia e l'uso del suolo, che per quanto riguarda la diversità delle caratteristiche delle sponde e della zona litorale. La maggior parte della zona riparia nei 15 e nei 50 m verso l'entroterra è caratterizzata da bosco e cespugli, ma si trovano ampie zone a prato naturale, zone rocciose con presenza di massi e zone totalmente prive di qualunque vegetazione, recanti i segni evidenti delle variazioni di livello a cui è soggetto il lago. Sono anche presenti frutteti e zone a pascolo. La zona litorale non è sempre visibile, data la scarsa trasparenza dell'acqua, ma varia le sue caratteristiche da roccia e massi a sabbia e limo.

4.4 LAGO POSADA

Inquadramento geografico e morfometria

Il bacino del Fiume Posada, ha un'estensione di 702,8 km² ed è delimitato a Ovest e a Nord dai Monti di Bitti e dai Monti di Alà, a Sud dalla catena del Monte Albo e ad Est dal mare. L'altimetria del bacino varia con quote che vanno da 0 m s.l.m. in corrispondenza della foce del Fiume Posada ai 1.050 m s.l.m. in corrispondenza sia dei Monti di Bitti che del versante occidentale del Monte Albo. La superficie totale del bacino, misurata in corrispondenza della sezione più valliva (Stagno Longu), è di 675 km²; l'altitudine media sul livello del mare è di 470 m.

Il tratto alto del Fiume Posada è caratterizzato da due rami distinti:

- l'Alto Posada che ha origine dai Monti di Ala e sottende un bacino imbrifero di 238 km²;
- il Rio Mannu di Bitti che nasce dai Monti di Bitti e sottende un bacino di 302 km². Il medio corso è interrotto da una diga che forma l'invaso di Maccheronis (o Posada) (Fig. 4.4.1). (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Posada).

Secondo la codifica regionale il codice del bacino è 0115 e quello del corpo idrico LA4013, si trova in provincia di Nuoro e il comune che si affaccia sul lago è il Comune di Torpè. La superficie del lago è di 19,12 km² e ha una profondità di 29,5 m.

La diga è stata costruita sul Fiume Posada con inizio lavori nel 1956 e terminata nel 1960. E' una diga a gravità ordinaria in calcestruzzo alta 46 m secondo il D.Min.L.L.PP. marzo'82. La quota al coronamento è di 48 m s.l.m., il volume di invaso secondo D.Min.L.L.PP. marzo'82 è di 39.5 x10⁶m³ mentre quello utile di regolazione è di 25 x10⁶m³ ed è quello ad oggi autorizzato. La quota di massimo invaso è di 46,5 m s.l.m. e la quota di massima regolazione è 43 m s.l.m.

L'utilizzo della diga è per scopo irriguo, potabile e idroelettrico ma l'utilizzo prevalente è quello irriguo. L'ultimo collaudo è stato effettuato 18/08/1967 ed è tutt'ora autorizzata la quota massima di regolazione.

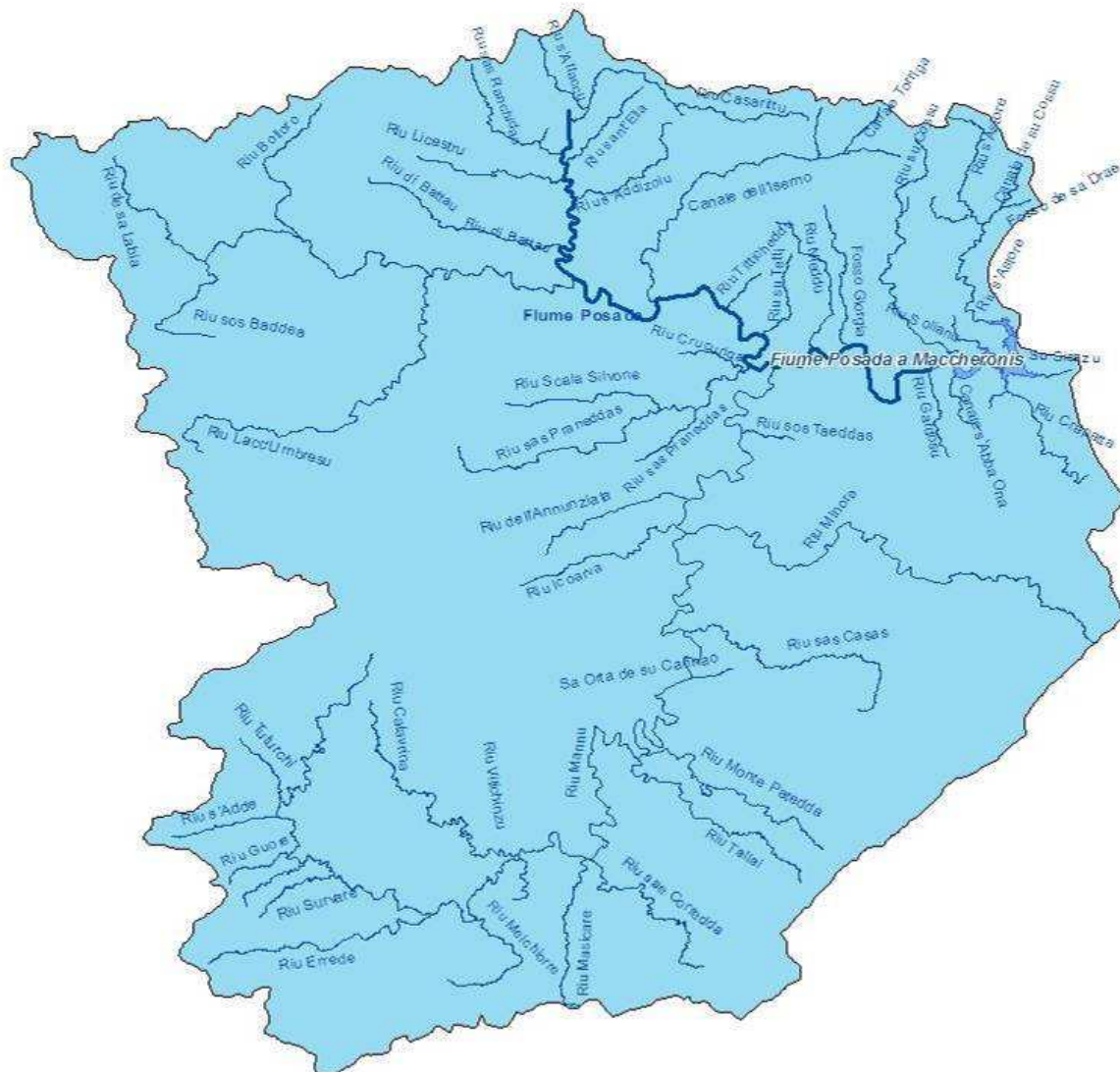
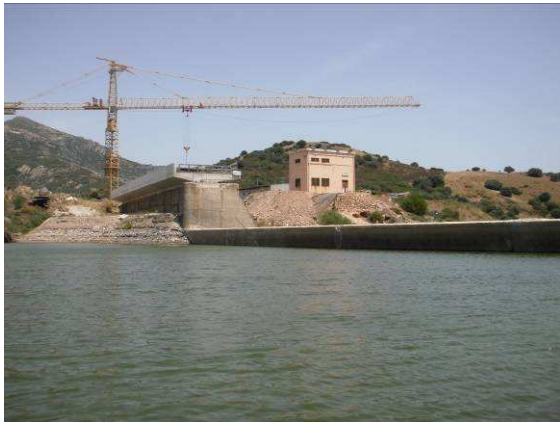


Fig. 4.4.1 – Lago Posada e suo bacino imbrifero.



Lago Posada, diga e opere per il suo innalzamento



Lago Posada, diga e particolare paratoia



Lago Posada, vegetazione spondale e riparia



Lago Posada

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

La geologia dell'area è caratterizzata essenzialmente da due formazioni Paleozoiche: un complesso

intrusivo di età Carbonifero superiore-Permiana, costituito da granitoidi, granodioriti, leucograniti con intrusioni di porfidi granitici, nella parte settentrionale ed in una porzione sud-occidentale dell'area di bacino; un complesso metamorfico di età Precambriano-Ordoviciano, nella restante area.

Nella parte terminale del bacino, la successione cristallina è ricoperta da alluvioni terrazzate dell'Olocene, costituite da sedimenti ghiaioso-sabbiosi con limi e argille.

Il limite sud-occidentale del bacino è interessato marginalmente dal Monte Albo, costituito da dolomie e calcari dolomitici con sedimenti fluvio-deltizi della Formazione di Dorgali e da depositi carbonatici di piattaforma, di età che va dal Triassico medio al Cretaceo superiore. Tale rilievo segna un tratto dello spartiacque ed alimenta le sorgenti del principale affluente del Fiume di Posada, il Riu Mannu di Bitti.

Per quanto riguarda la morfologia, questa è condizionata dai litotipi presenti, infatti nelle

litologie granitiche dell'area che va dall'origine del fiume alla confluenza con Riu Mannu, le forme sono molto accidentate, con pendenze elevate e meandri profondamente incisi. (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Posada).

Per quanto riguarda l'uso del suolo si è usato lo stesso procedimento di valutazione applicato al bacino del Lago Bidighinzu. Il bacino sotteso dal lago Posada presenta un'estensione complessiva di 61.100 ettari e ricade all'interno del territorio dei comuni di Alà dei Sardi, Buddusò e Padru, in provincia di Olbia-Tempio, Bitti, Lodè, Lula, Onani, Siniscola e Torpè, in provincia di Nuoro.

Il territorio del bacino, il cui dettaglio sulle classi di copertura è riportato in figura 4.4.2, è caratterizzato per l'80,0% da zone boscate e altri ambienti seminaturali.

Per quanto riguarda l'uso del suolo agricolo, che rappresenta il 19,0% della superficie del bacino, esso è caratterizzato da seminativi pari al 12,8% (il 7,7% in aree non irrigue, il 5,1% di prati artificiali), da aree con colture temporanee associate a colture permanenti (2,7%), e in maniera minima da aree agroforestali (1,8%), aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti (1,1%), sistemi colturali e particellari complessi (0,5%), oliveti (0,1%), vigneti e frutteti.

Una minima parte della superficie del bacino è occupata da aree modellate artificialmente (pari al 0,7% della superficie) e da corpi idrici (0,3%).

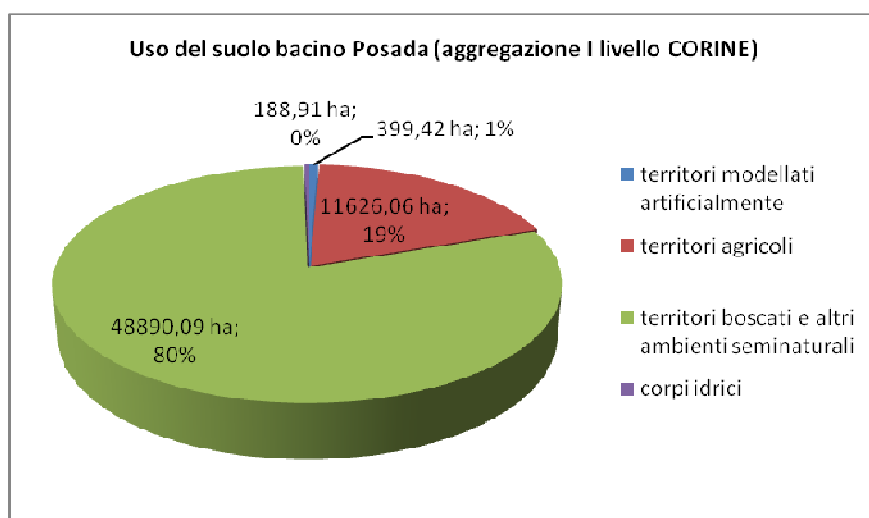


Fig. 4.4.2 – Aggregazione classi I livello CORINE uso del suolo bacino del Lago Posada.

In figura 4.4.3 è riportata la suddivisione nelle diverse categorie all'interno del bacino imbrifero del Lago Posada.

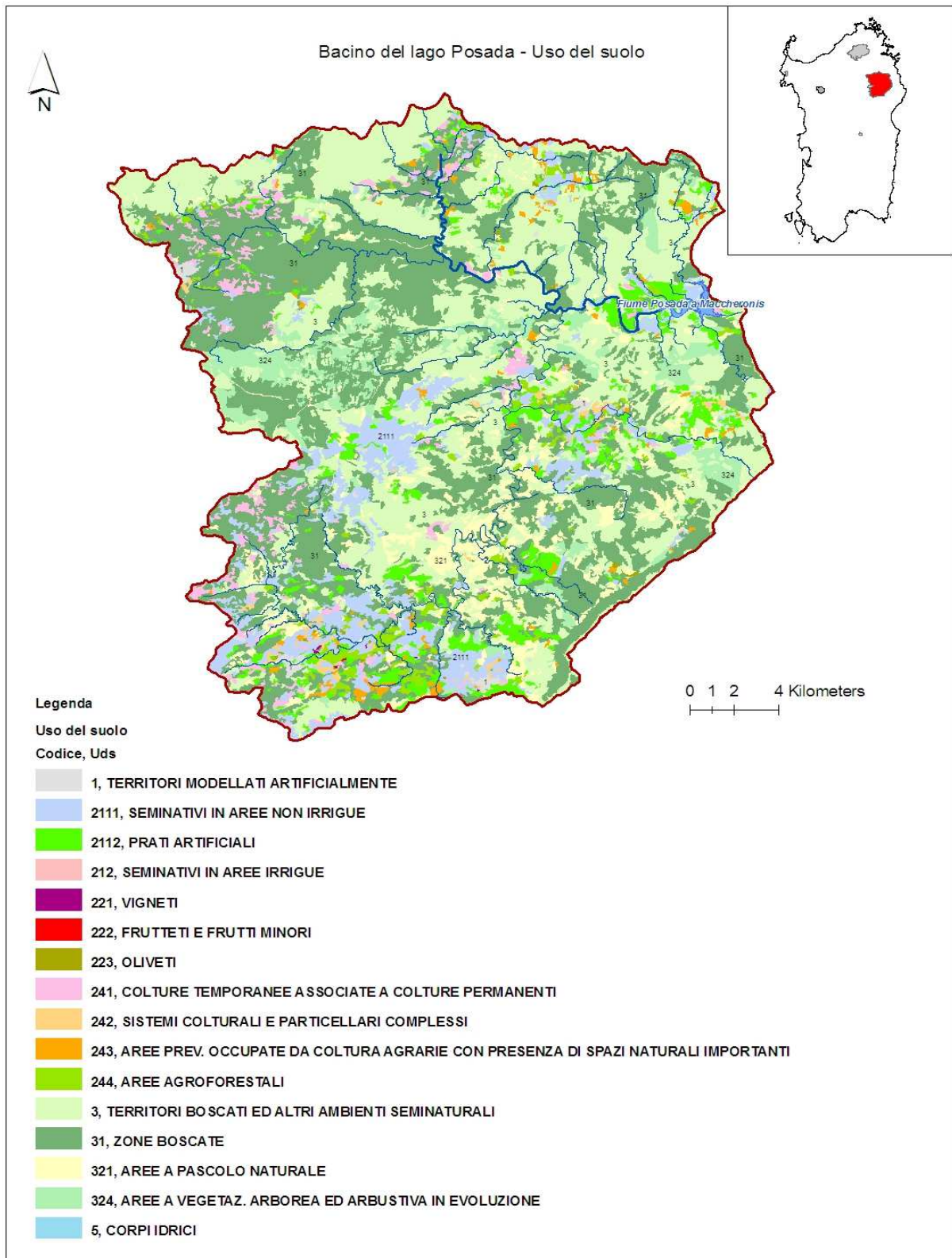


Fig. 4.4.3 - Uso del suolo all'interno del bacino del Lago Posada.

Attività zootecnica

La distribuzione di tipologia di allevamento per tutti i bacini oggetto di studio è riportata In figura 4.1.4, suddivisa per ogni tipologia animale, espressa in numero di capi anche per il bacino del Lago Posada.

Il carico potenziale di origine zootecnica, è stato calcolato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda il carico di azoto che di fosforo che per i carichi potenziale ed effettivo. In figura 4.4.4 è riportata la ripartizione del carico potenziale in azoto di origine zootecnica, per il bacino del Lago Posada.

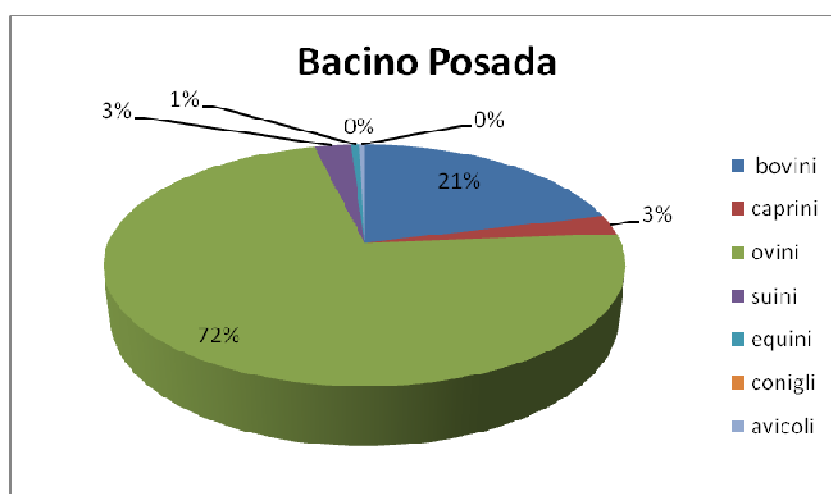


Fig. 4.4.4 - Ripartizione % del carico potenziale in azoto per tipologia bestiame, nel bacino del Posada.

In figura 4.4.5 è riportata la ripartizione del carico potenziale di fosforo di origine zootecnica, per il bacino del Lago Posada.

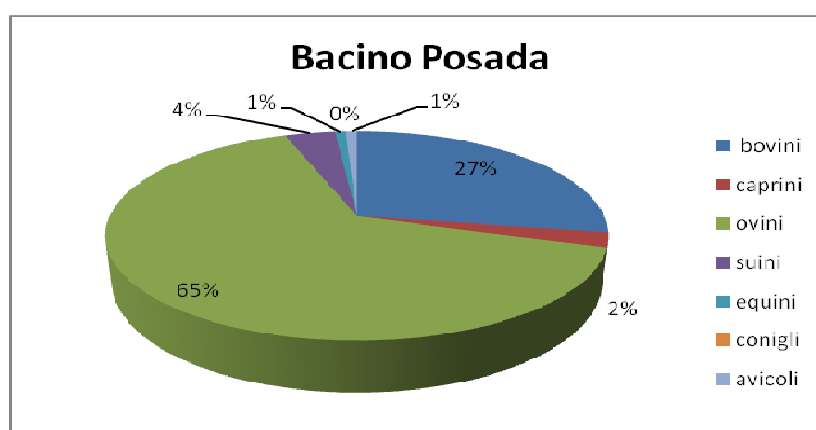


Fig. 4.4.5 - Ripartizione % del carico potenziale in fosforo per tipologia bestiame, nel bacino del Posada.

Nella tabella 4.4.1 si riporta la quota dei carichi annuali di origine zootecnica transitanti

all'interno del bacino del Lago Posada, per azoto e fosforo.

Tab. 4.4.1 – Carichi annui di origine zootecnica per azoto e fosforo per il bacino del Posada.

Bacino	Carichi potenziali di origine zootecnica		Carichi effettivi di origine zootecnica	
	azoto tonnellate/anno	fosforo tonnellate/anno	azoto tonnellate/anno	fosforo tonnellate/anno
Posada	506,18	91,78	25,31	4,59

Attività agricola

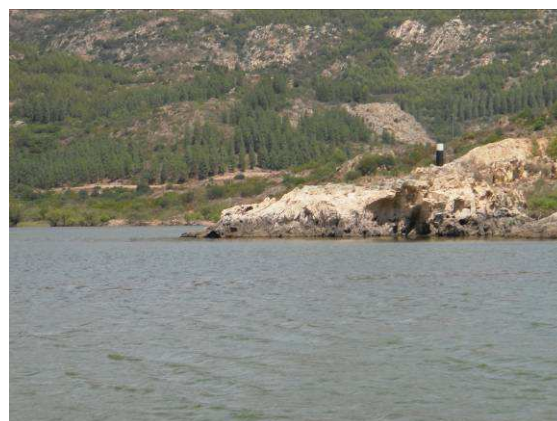
La stima del carico di nutrienti di origine agricola, è stato effettuato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda l'azoto che il fosforo, sia per i carichi potenziali che effettivi. In tabella 4.4.2 sono riportati i carichi di origine agricola, potenziali ed effettivi per l'azoto e il fosforo per il bacino del Lago Posada.

Tab. 4.4.2 – Carichi annui di origine agricola per azoto e fosforo per il bacino del Posada.

Bacino	Carichi potenziali di origine agricola		Carichi effettivi di origine agricola	
	azoto tonnellate/anno	fosforo tonnellate/anno	azoto tonnellate/anno	fosforo tonnellate/anno
Posada	1.412,67	432,42	375,81	17,64



Lago Posada, vegetazione spondale e scivolo per imbarcazioni



Lago Posada, particolare sponda rocciosa



Lago Posada e bacino drenante



Lago Posada, vegetazione spondale e particolare di zona a pascolo



Lago Posada, vegetazione spondale e riparia



Lago Posada e vegetazione riparia

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Questo invaso risulta essere il più complesso dal punto di vista morfologico, in quanto presenta numerosi rami secondari. Non si è riusciti a prelevare campioni in tutti i rami, ma solamente nei principali, con un risultato di 4 punti di campionamento (una zona profonda e tre zone intermedie) (Tab. 4.4.3).

Va segnalato il fatto che, durante il campionamento di febbraio, il lago risultava avere un livello più basso, rispetto al normale volume di invaso, in quanto il bacino era stato svuotato nei mesi antecedenti per lavori di manutenzione della diga.

Il campionamento per le analisi chimiche è stato effettuato su colonna, dallo stesso Ente gestore, nei pressi della boa galleggiante posizionata alla massima profondità (Fig. 4.4.6). Anche le analisi chimiche sono state effettuate presso i laboratori di ENAS.

Tab. 4.4.3 - Stazioni, profondità e coordinate dei punti di campionamento per l'analisi granulometrica e biologica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	10	549318	4498230	40	38	0,38	9	34	59,48
	T1 St. 1	23	551156	4498781	40	38	17,84	9	36	17,88
Transetto 2	T2 St. 0	10	550365	4498655	40	38	13,93	9	35	44,17
Transetto 3	T3 St. 0	15	551237	4497997	40	37	52,40	9	36	21,10

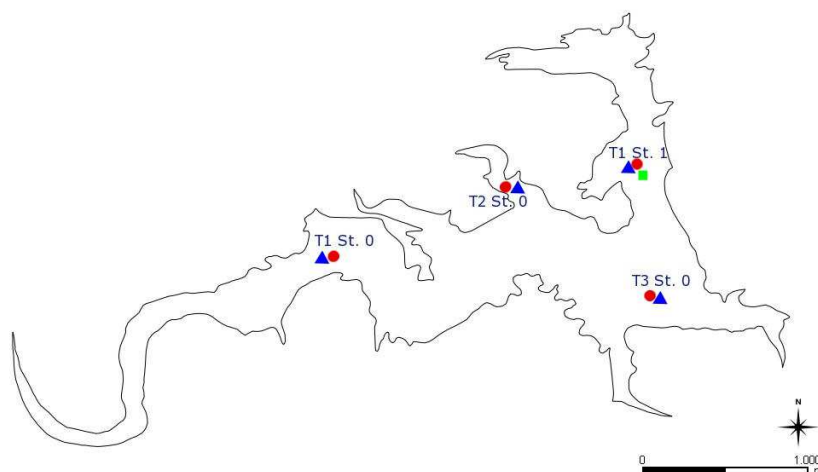


Fig. 4.4.6 - Carta del perimetro del lago con stazioni per l'analisi granulometrica (▲), biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

I campionamenti nei laghi della Sardegna scelti per il progetto INHABIT sono stati condotti dal Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche dell'Università di Sassari, con il supporto logistico dell'Ente Acque della Sardegna (ENAS), seguendo il protocollo nazionale illustrato in precedenza. Si riporta di seguito (Fig. 4.4.7) la mappa batimetrica e la posizione della stazione di campionamento.

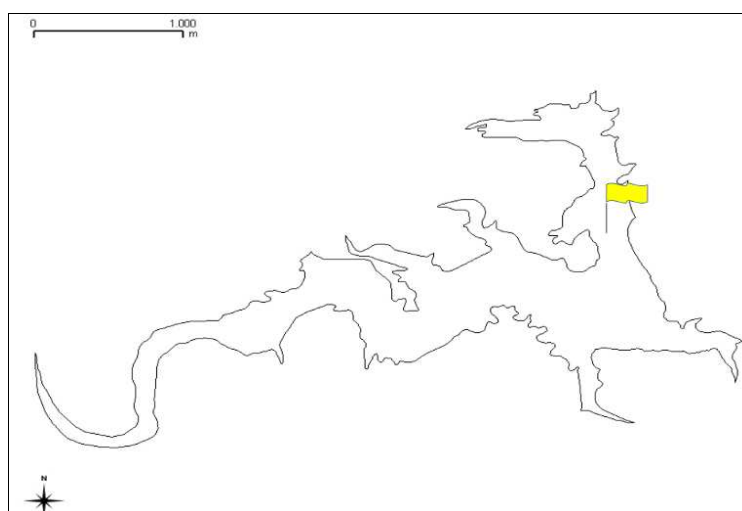


Fig. 4.4.7 – Lago Posada, la bandierina gialla indica il punto di campionamento.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica si svolgerà nel mese di ottobre 2011.

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

I punti di osservazione hab-plots, sono stati 10, equidistanti tra loro, come da protocollo, preventivamente definiti attraverso foto aeree e cartografia GIS, così che, con l'utilizzo di un GPS, è stato più semplice e veloce la definizione in campo dei punti di osservazione. In figura 4.4.8 sono riportati in rosso i 10 hab-plot indagati. L'applicazione del metodo è stata possibile grazie al notevole contributo in mezzi e persone offertoci da ENAS (Ente Acque Sardegna).

In tabella 4.4.4 sono riportate le coordinate dei punti di osservazione e di applicazione del metodo.

Non ci sono da segnalare particolari difficoltà; anche questo lago, data la sua forma frastagliata e data la necessità di percorrere tutto il perimetro sottocosta, ha richiesto un impegno maggiore per l'applicazione del metodo.

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 7-8). Per ogni punto di osservazione (hab-plot) si sono fatte almeno due foto e diverse altre per i tratti tra un hab-plot e l'altro, riportate in precedenza all'interno del sottocapitolo 4.4.

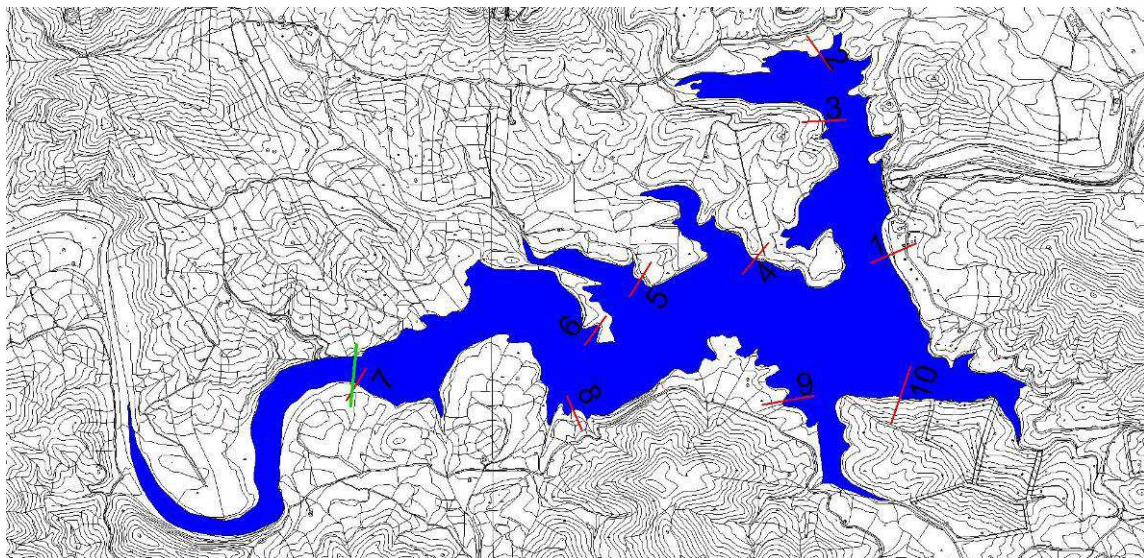


Fig. 4.4.8 – Punti di applicazione del metodo LHS. La linea verde indica l'interruzione artificiosa del bacino, effettuata per l'impossibilità di risalire con la barca.

Tab. 4.4.4 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD
1	1551389,22818	4498547,84444
2	1550999,93800	4499594,49887
3	1551025,57987	4499240,17488
4	1550666,59372	4498522,20258
5	1550062,84428	4498412,64187
6	1549825,07424	4498144,56779
7	1548570,95378	4497862,50725
8	1549715,51353	4497710,98712
9	1550836,76248	4497778,58841
10	1551428,85652	4497806,56135

Per quanto riguarda il Lago Posada da segnalare lavori per l'innalzamento della diga e la presenza di una strada sterrata, fin quasi al lago. Sono presenti diverse linee taglia fuoco, poichè il bacino del lago è soggetto a incendi dolosi. In passato il rimboschimento è stato effettuato con essenze esotiche tipo eucalipto e pini non marittimi, ancora oggi presenti e segnalati in discreta quantità. Gli impatti rilevati sono dovuti sostanzialmente alla presenza di allevamenti, case sparse e a qualche terreno coltivato. La vegetazione riparia è per la maggior parte costituita da bosco e cespugli con la presenza anche dell'essenze di cui sopra; sono presenti prati naturali, pascoli, brughiere. La sponda è spesso costituita da vegetazione riparia semi-sommersa, ma sono presenti anche tratti di sponda nudi in terra, in roccia e a prato. Sono evidenti i segni delle fluttuazioni di livello sulla sponda, a volte, caratterizzata da erosione spondale puntuale. La zona litorale è poco visibile data la bassissima trasparenza dell'acqua.

4.5 LAGO TORREI

Inquadramento geografico e morfometria

Il bacino imbrifero del Tirso ha un'estensione di circa 3.365,78 km², è caratterizzato da un'intensa idrografia con sviluppo prevalentemente dentritico dovuto alle varie tipologie rocciose attraversate lungo la parte centrale ed è delimitata a Ovest dal massiccio del Montiferru, a Nord-Ovest dalle Catene del Marghine e del Goceano, a Nord dall'altopiano di Buddusò, a Est dal massiccio del Gennargentu, a Sud dall'altopiano della Giara di Gesturi e dal Monte Arci. L'altimetria è notevolmente varia: sono presenti aree pianeggianti, collinari, e montuose che culminano con le vette del versante settentrionale del Gennargentu (Brunco Spina 1.829 m s.l.m.).

Il fiume Tirso nasce dall'altopiano di Buddusò e sfocia nel Golfo di Oristano dopo un percorso di 159 km circa. L'andamento del suo corso si differenzia notevolmente procedendo dalla sorgente alla foce. Uno degli elementi di maggiore importanza di questo vasto bacino è la presenza di numerosi invasi artificiali, tra cui si citano gli invasi del lago Torrei, Sos Canales, Omodeo, di Gusana e del Cucchinadorza (Fig. 4.5.1). Tra questi, particolarmente rilevante dal punto di vista della quantità d'acqua invasabile è il lago Omodeo con capacità massime d'invaso di 792 milioni di metri cubi. (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Tirso). Secondo la codifica regionale il codice del bacino del Torrei è 0223 e quello del corpo idrico LA4031, si trova in provincia di Nuoro e i comuni che si affacciano sul lago sono quelli di Tiana e Tonara. La superficie del lago è di 0,11 km² e ha una profondità di 38,5 m. La diga è stata costruita sul Rio Torrei con inizio lavori nel 1970 e terminata nel 1976. E' una diga a gravità ordinaria in calcestruzzo alta 47 m secondo il D.Min.L.L.PP. marzo'82. La quota al coronamento è di 871 m s.l.m., il volume di invaso secondo D.Min.L.L.PP. marzo'82 è di 1,2 x10⁶m³ mentre quello utile di regolazione è di 0,94 x10⁶m³; il volume utile autorizzato è di 0,86 x10⁶m³. La quota di massimo invaso è di 869,5 m s.l.m. e la quota di massima regolazione è 866,5 m s.l.m. L'utilizzo della diga è per scopo potabile e il collaudo è ad oggi in corso (2006); lo stato dell'autorizzazione è per un invaso sperimentale.

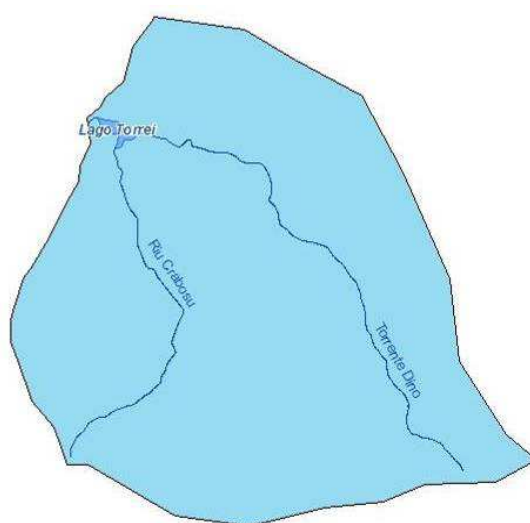
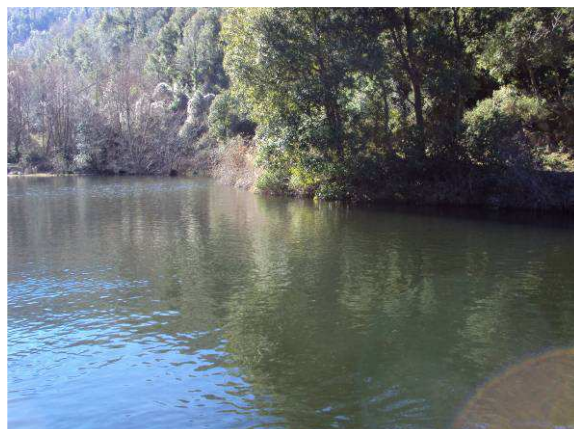


Fig. 4.5.1 – Lago Torrei e suo bacino imbrifero.



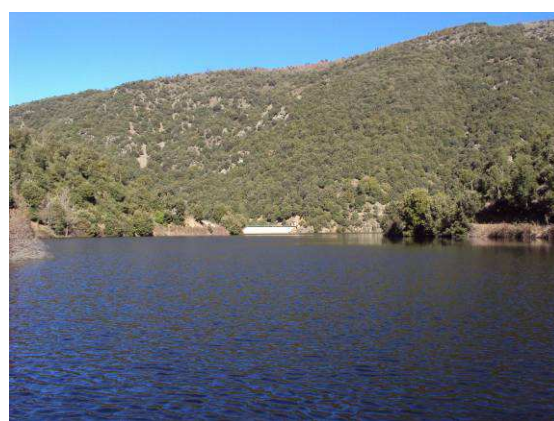
Lago Torrei, panorama



Lago Torrei e vegetazione riparia



Lago Torrei e bacino drenante



Lago Torrei, diga

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

Da un punto di vista geologico l'area è caratterizzata da una vasta eterogeneità che si traduce anche nello sviluppo di un reticolo idrografico asimmetrico.

Le rocce più abbondanti in questo bacino sono rocce paleozoiche. In particolare, nel settore settentrionale è presente un complesso granitico sotto forma di altopiani (Altopiano di Alà dei Sardi e Buddusò) con morfologia molto regolare. Nel settore orientale è presente una catena di vulcaniti oligo-mioceniche, graniti e rocce metamorfiche. Nella parte sud-orientale sono presenti delle rocce paleozoiche (Siluriano) debolmente metamorfosate costituite da:

1. Arenarie scistose
2. Micascisti
3. Quarziti e filladi.

Nella parte sud è presente una successione calcareo dolomitica di età giurassica. Nel

settore centro-occidentale sono presenti dei grandi espandimenti lavici plio-pleistocenici basaltici che formano un vasto altopiano. Inoltre, nell'area sud, affiorano sedimenti sabbioso-conglomeratici di età Miocenica. Il quaternario, dove presente, è caratterizzato da un notevole spessore di sedimenti i quali sono sede di importanti falde acquifere.

La morfologia subisce notevoli mutamenti in corrispondenza delle diverse litologie. Le rocce gnessiche e scistose del basamento paleozoico presentano una morfologia dolce e costituiscono l'ossatura del Monte Grighini. Fa contrasto la morfologia a gradinate caratteristica delle ignimbriti e delle tufiti, presenti nella parte centrale ed orientale del bacino. (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Tirso).

Per quanto riguarda l'uso del suolo si è usato lo stesso procedimento di valutazione applicato al bacino del Lago Bidighinzu. Il bacino sotteso dal lago Torrei presenta un'estensione complessiva di 1.049 ettari e ricade all'interno del territorio dei comuni di Desulo, Tiana e Tonara in provincia di Nuoro.

Il territorio del bacino, il cui dettaglio sulle classi di copertura è riportato in figura 4.5.2, è caratterizzato per la quasi totalità (99,1%) da zone boscate e altri ambienti seminaturali.

Per quanto concerne l'uso del suolo agricolo le aree agroforestali rappresentano appena lo 0,1% del territorio.

Una minima parte della superficie del bacino è occupata da aree modellate artificialmente (pari allo 0,1% della superficie) e da corpi idrici (0,7%).

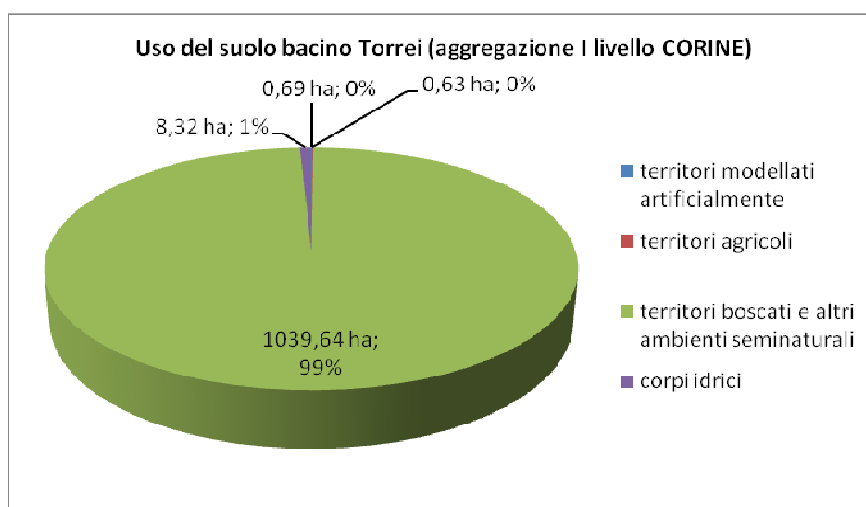


Fig. 4.5.2 – Aggregazione classi I livello CORINE uso del suolo bacino del Lago Torrei.

In figura 4.5.3 è riportata la suddivisione nelle diverse categorie all'interno del bacino imbrifero del Lago Torrei.

Attività zootecnica

La distribuzione di tipologia di allevamento per tutti i bacini oggetto di studio è riportata In figura 4.1.4, suddivisa per ogni tipologia animale, espressa in numero di capi anche per il bacino del Lago Torrei.

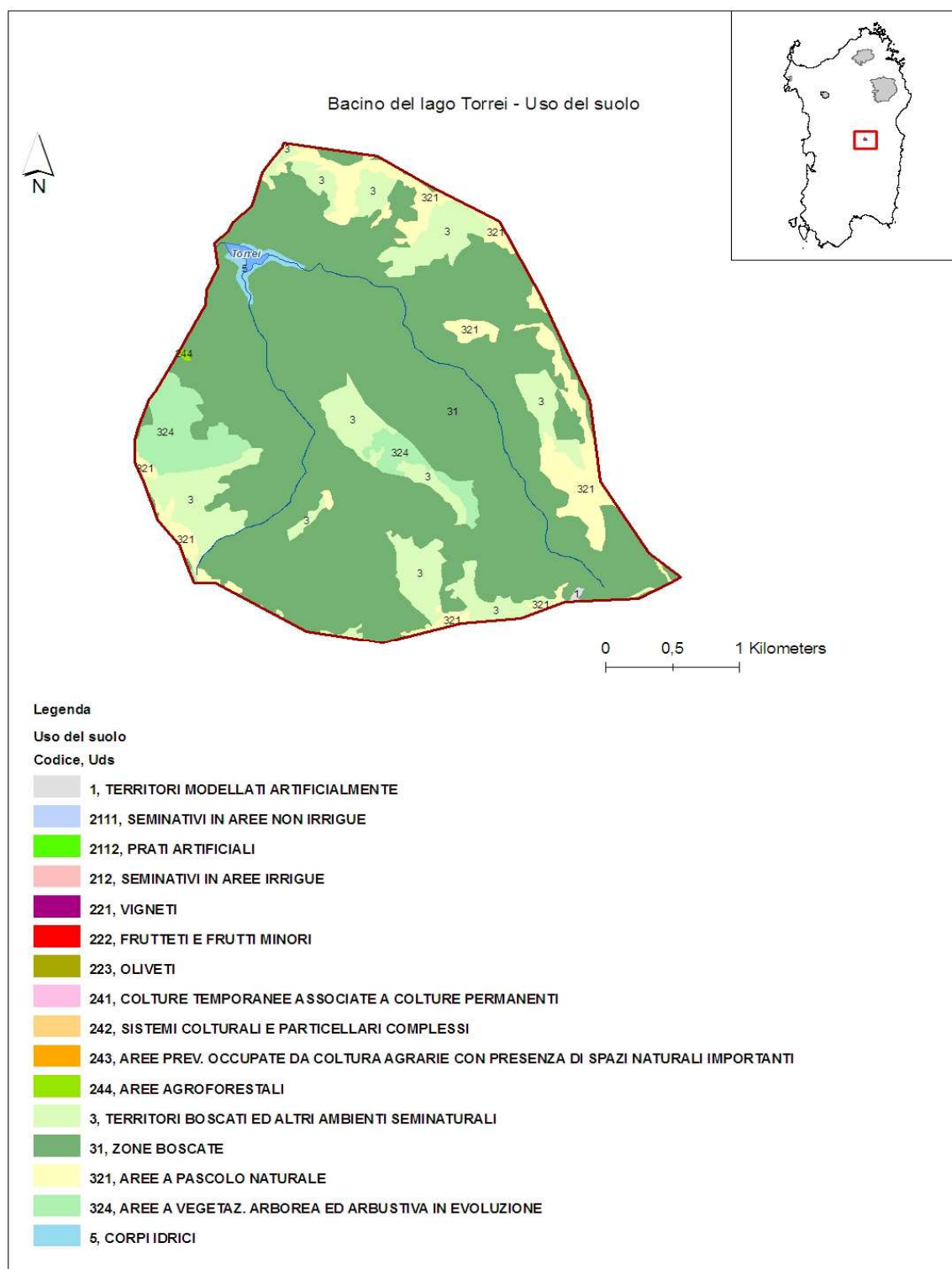


Fig. 4.5.3 - Uso del suolo all'interno del bacino del Lago Torrei.

Il carico potenziale di origine zootecnica, è stato calcolato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda il carico di azoto che di fosforo che per i carichi potenziale ed effettivo. In figura 4.5.4 è riportata la ripartizione del carico potenziale in azoto di origine zootecnica,

per il bacino del Lago Torrei.

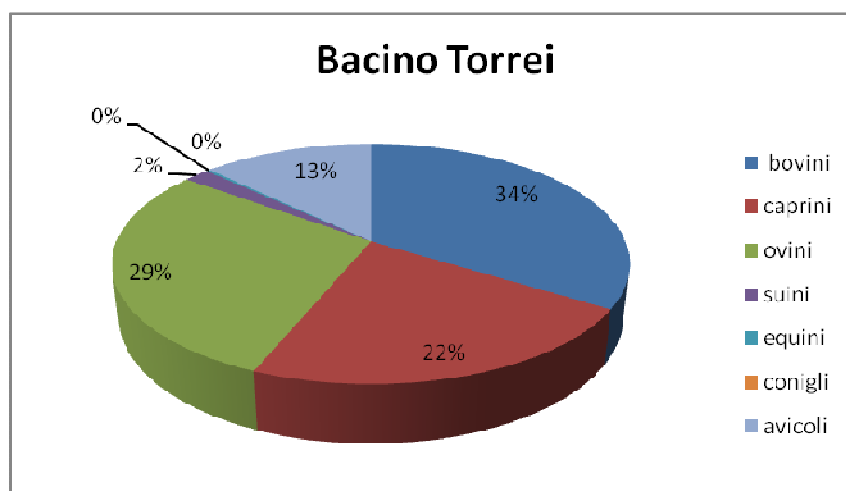


Fig. 4.5.4 - Ripartizione % del carico potenziale in azoto per tipologia bestiame, nel bacino del Torrei.

In figura 4.5.5 è riportata la ripartizione del carico potenziale di fosforo di origine zootecnica, per il bacino del Lago Torrei.

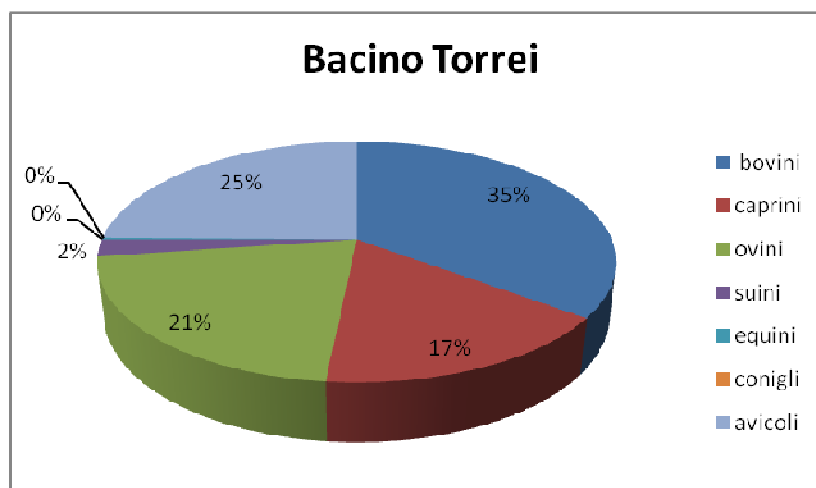


Fig. 4.5.5 - Ripartizione % del carico potenziale in fosforo per tipologia bestiame, nel bacino del Torrei.

Nella tabella 4.5.1 si riporta la quota dei carichi annuali di origine zootecnica transitanti all'interno del bacino del Lago Torrei, per azoto e fosforo.

Tab. 4.5.1 – Carichi annui di origine zootecnica per azoto e fosforo per il bacino del Torrei.

Bacino	Carichi potenziali di origine zootecnica		Carichi effettivi di origine zootecnica	
	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>
Torrei	11,12	2,46	0,56	0,12

Attività agricola

La stima del carico di nutrienti di origine agricola, è stato effettuato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda l'azoto che il fosforo, sia per i carichi potenziali che effettivi. In tabella 4.5.2 sono riportati i carichi di origine agricola, potenziali ed effettivi per l'azoto e il fosforo per il bacino del Lago Torrei.

Tab. 4.5.2 – Carichi annui di origine agricola per azoto e fosforo per il bacino del Torrei.

Bacino	Carichi potenziali di origine agricola		Carichi effettivi di origine agricola	
	azoto	fosforo	azoto	fosforo
	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>	<i>tonnellate/anno</i>
Torrei	1,42	0,24	2,21	0,10



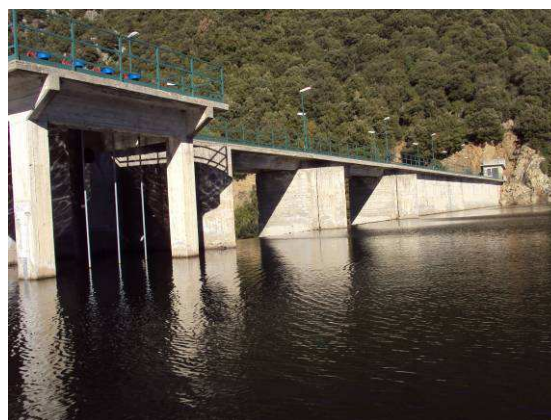
Lago Torrei



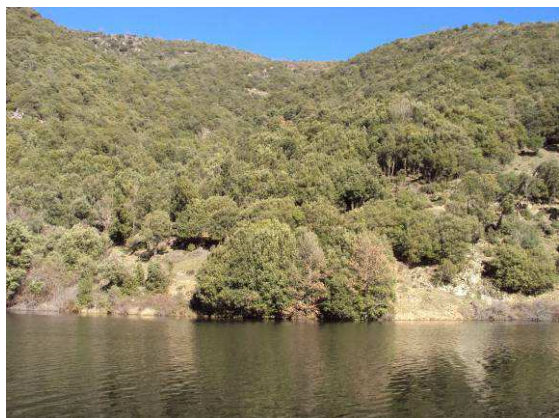
Lago Torrei e bacino drenante



Lago Torrei, diga



Lago Torrei, diga - particolare



Lago Torrei e bacino drenante



Lago Torrei



Lago Torrei, vegetazione spondale



Lago Torrei

Macroinvertebrati strategie di campionamento e difficoltà

Il Lago Torrei è un lago molto piccolo, e a causa della presenza sul fondo di grosse pietre non è stato possibile effettuare i campionamenti previsti in Primavera, quindi si è limitata l'analisi biologica ad un unico punto nella zona intermedia del ramo destro (Tab. 4.5.3). A centro lago, corrispondente alla massima profondità (nei pressi della diga), c'è scarsa quantità di sedimento, per cui tutti i tentativi di campionare in questa zona sono risultati nulli.

Anche l'analisi granulometrica dell'unico punto campionato non è stata effettuata per gli stessi motivi (Fig. 4.5.6). Un secondo tentativo in tal senso verrà effettuato durante la campagna di campionamento autunnale.

Il campionamento per le analisi chimiche è stato effettuato su colonna dallo stesso Ente gestore, nei pressi della boa galleggiante posizionata alla massima profondità. Anche le analisi chimiche sono state effettuate presso i laboratori di ENAS.

Tab. 4.5.3 – Stazioni, profondità e coordinate dei punti di campionamento per l'analisi biologica e chimica.

Transetti	Stazioni	Profondità m	UTM		Latitudine Nord			Longitudine Est		
			Est	Nord	Gradi	Primi	Secondi	Gradi	Primi	Secondi
Transetto 1	T1 St. 0	12,5	517353	4433995	40	3	21,68	9	12	12,45

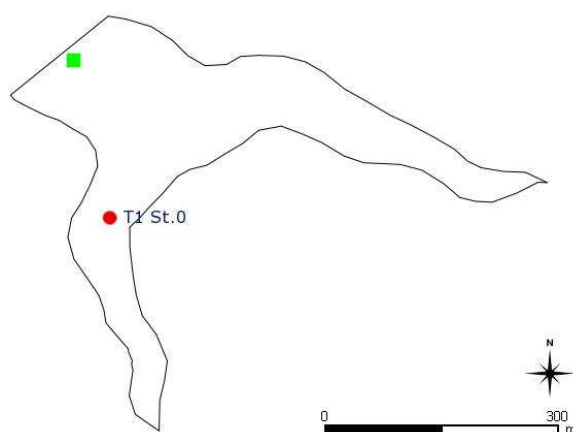


Fig. 4.5.6 - Carta del perimetro del lago con stazioni per l'analisi biologica (●) e chimica (■)

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

I campionamenti nei laghi della Sardegna scelti per il progetto INHABIT sono stati condotti dal Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche dell'Università di Sassari, con il supporto logistico dell'Ente Acque della Sardegna (ENAS), seguendo il protocollo nazionale illustrato in precedenza. Si riporta di seguito (Fig. 4.5.7) la mappa batimetrica e la posizione della stazione di campionamento.

Il campionamento del Lago di Torrei si svolge normalmente dal torrino di presa, sola una volta è stato effettuato con la barca. L'accesso al lago è infatti piuttosto difficile, soprattutto nel periodo estivo. Questo ha comportato la perdita di una bottiglia e la rottura del perno di un'altra.

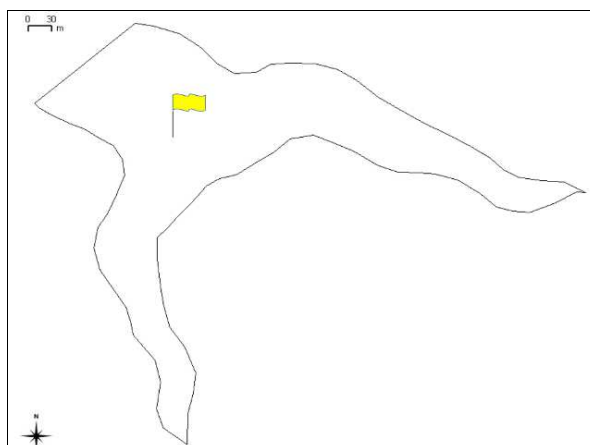


Fig. 4.5.7 – Lago Torrei, la bandierina gialla indica il punto di campionamento.

Pesci strategie di campionamento e difficoltà

Il campionamento della fauna ittica si svolgerà nel mese di ottobre 2011.

Idromorfologia strategie di raccolta dati e difficoltà

I punti di osservazione hab-plots, sono stati 10, equidistanti tra loro, come da protocollo, preventivamente definiti attraverso foto aeree e cartografia GIS, così che, con l'utilizzo di un GPS, è stato più semplice e veloce la definizione in campo dei punti di osservazione. In figura 4.5.8 sono riportati in rosso i 10 hab-plot indagati. L'applicazione del metodo è stata possibile grazie al notevole contributo in mezzi e persone offertoci da ENAS (Ente Acque Sardegna).

In tabella 4.5.4 sono riportate le coordinate dei punti di osservazione e di applicazione del metodo. Non ci sono da segnalare particolari difficoltà.

Si sono raccolte informazioni rispetto alla zona riparia, alla sponda e alla zona litorale nei 10 punti numerati come in figura e altre informazioni come ad esempio l'uso del suolo, presenza di artificializzazioni e attività umane tra un punto di osservazione e l'altro (es. passaggio 9-10).

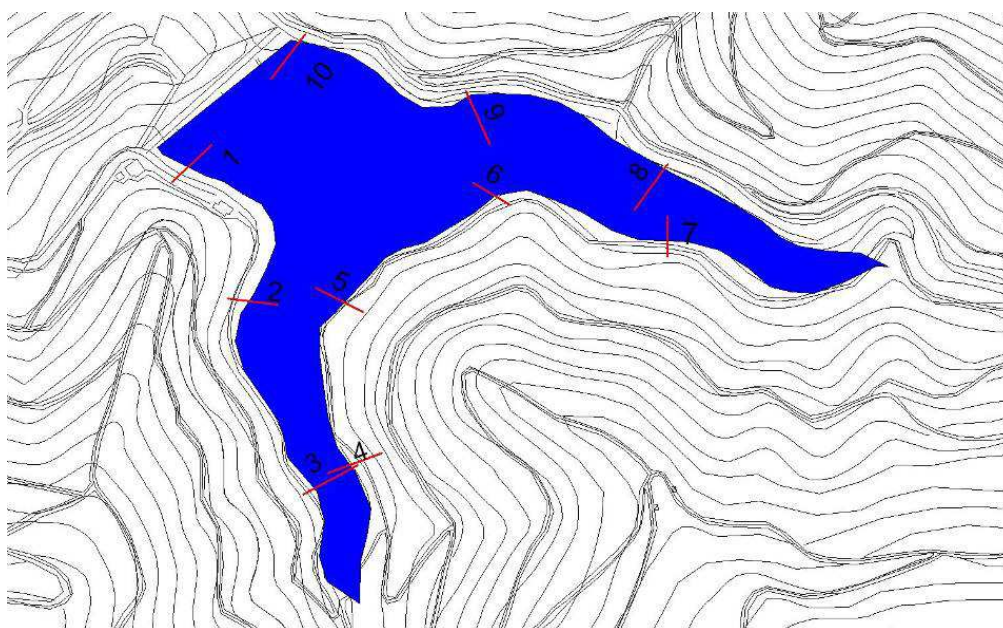


Fig. 4.5.8 – Punti di applicazione del metodo LHS.

Per quanto riguarda il Lago Torrei non ci sono impatti idromorfologici da segnalare se non la presenza della diga. L'area riparia nei 15 e nei 50 m di indagine è costituita essenzialmente da bosco. La sponda è per la quasi totalità ricoperta da vegetazione e la zona litorale, spesso non visibile è di tipo roccioso.

Tab. 4.5.4 – Coordinate dei punti di osservazione (hab-plots) del metodo Lake Habitat Survey.

ID	X_COORD	Y_COORD
1	1517257,64872	4434140,53582
2	1517315,07919	4434010,14041
3	1517388,04412	4433842,08568
10	1517348,03109	4434241,27451
9	1517526,91288	4434183,84404
8	1517690,26020	4434118,41097
7	1517705,79467	4434071,80756
6	1517539,62290	4434111,82059
5	1517396,51747	4434012,02338
4	1517411,11046	4433857,62015

4.6 LAGO BARATZ

Inquadramento geografico e morfometria

L'Unità Idrostratigrafica Omogenea del Barca ha un'estensione pari a 555,46 Km² ed è formata, oltre che dall'omonimo bacino principale, da una serie di bacini costieri tra i quali spicca per importanza quello del Canale Urune, che interessa l'area di Capo Caccia. La U.I.O. si estende dal mare alle zone interne dell'isola con quote che variano tra 0 e 506 m s.l.m. (Punta Sa Casa) e quota media di 119 m.

Il Rio Barca, nella parte a monte, si suddivide in tronchi a diverse denominazioni: Rio Su Catala, detto a monte Rio Cuga; Rio Serra, detto a monte Sette Ortas; Rio Su Mattone; Rio Filibertu. Nel bacino del Rio Barca sono presenti gli invasi del Cuga e del Surigheddu. Di notevole interesse è la presenza, a nord di Alghero, del lago naturale di Baratz che ha un'estensione pari a 0,29 Km² e una capacità di invaso di circa 2 milioni di m³. Esso riveste un'importante funzione naturalistica sia per la flora che per la fauna ed è circondato da una rigogliosa pineta ricca di macchia mediterranea, tra cui abbondano il corbezzolo, il cisto, il rosmarino e numerose specie di orchidee selvatiche.

Tra il Lago e Porto Ferro si trovano dune di sabbia tra le più imponenti della Sardegna, quasi totalmente ricoperte da una pineta e dalla vegetazione tipica di questi rari sistemi naturali. Un'altra zona umida importante a livello naturalistico è lo stagno di Calich, nei pressi di Alghero. (<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Barca).

Secondo la codifica regionale il codice del bacino è 0190 e quello del corpo idrico LG4020, si trova in provincia di Sassari e il comune che si affaccia sul lago è il Comuni di Sassari.

La superficie del lago è di 0,6 km². E' stato denominato come Sito di Interesse Comunitario (SIC).

In figura 4.6.1 è riportato il bacino imbrifero del Lago Baratz unitamente alla foto aerea del lago.

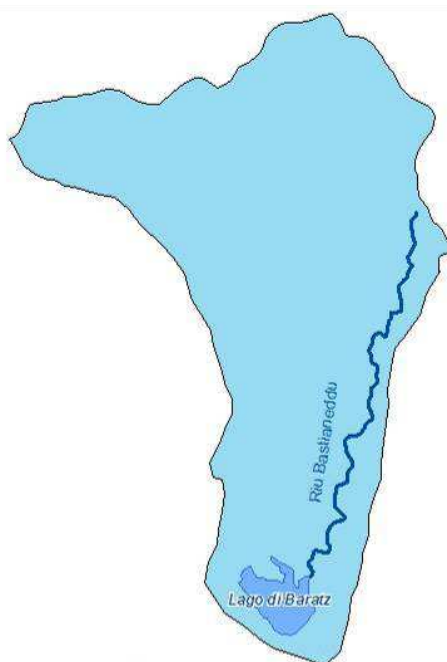


Fig. 4.6.1 – Lago Baratz e suo bacino imbrifero.

Caratterizzazione geologica del bacino drenante e uso del suolo

L'area della Sardegna che interessa la U.I.O. del Barca è un'area molto varia sotto l'aspetto geologico e morfologico.

In questa regione sono presenti terreni appartenenti ad età variabili dal Paleozoico al Quaternario, con formazioni sedimentarie marine e continentali, interessate dalla tettonica. Il Paleozoico è rappresentato dal complesso scistoso cristallino. La successione paleozoica denota un metamorfismo molto accentuato in particolare nella parte più a nord di questa regione. Durante il Carbonifero, l'orogenesi Hercinica è responsabile della messa in posto dei graniti.

All'inizio del Mesozoico l'area viene invasa dal mare e questo porta alla deposizione di una potente successione di calcari e marne, che prosegue nel Giurassico con successioni di rocce carbonatiche in banchi ben stratificati.

Il terziario è rappresentato dal vulcanismo trachiandesitico oligo-miocenico e dalla trasgressione marina del Miocene medio, formata da un'alternanza di marne e calcari marnosi con calcari e arenarie di maggior durezza.

Nelle zone periferiche e lungo il corso del fiume si rinvencono talvolta le alluvioni quaternarie, in terrazzamenti.

L'abbondanza di calcari ha favorito il carsismo, che si manifesta sia in forme superficiali che ipogee e, soprattutto lungo la costa, ha dato origine a grotte di notevole importanza.

(<http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=26267&v=2&c=1260&t=1> in Monografie delle singole Unità Idrostratigrafiche Omogenee : Barca).

Per quanto riguarda l'uso del suolo si è usato lo stesso procedimento di valutazione applicato al bacino del Lago Bidighinzu.

Il bacino sotteso dal lago di Baratz ricade all'interno del territorio del comune di Sassari e presenta un'estensione di 1.233 ettari.

Il Baratz è l'unico lago naturale sardo ed è compreso all'interno di un'area sensibile individuata ai sensi della Direttiva 271/91/CE. Con la Direttiva 92/43/CEE Habitat è stato inoltre identificato il SIC relativo al Lago di Baratz.

Il territorio del bacino, il cui dettaglio sulle classi di copertura è riportato in figura 4.6.2, è caratterizzato per il 47,9% da zone boscate e altri ambienti seminaturali.

Per quanto concerne l'uso del suolo agricolo, che rappresenta il 48,8 % della superficie del bacino, esso è caratterizzato da seminativi pari al 46,6% (il 23,9% in aree non irrigue, il 12,7% in aree irrigue, il 10,0% di prati artificiali) e in maniera minima da aree agroforestali (1,5%), sistemi colturali e particellari complessi (0,2%), aree con colture temporanee associate a colture permanenti (0,1%), vigneti (0,1%) e oliveti (0,1%).

Una minima parte della superficie del bacino è occupata da aree modellate artificialmente (pari al 0,7% della superficie) e da corpi idrici (2,6%).

In figura 4.6.3 è riportata la suddivisione nelle diverse categorie all'interno del bacino imbrifero del Lago Baratz.

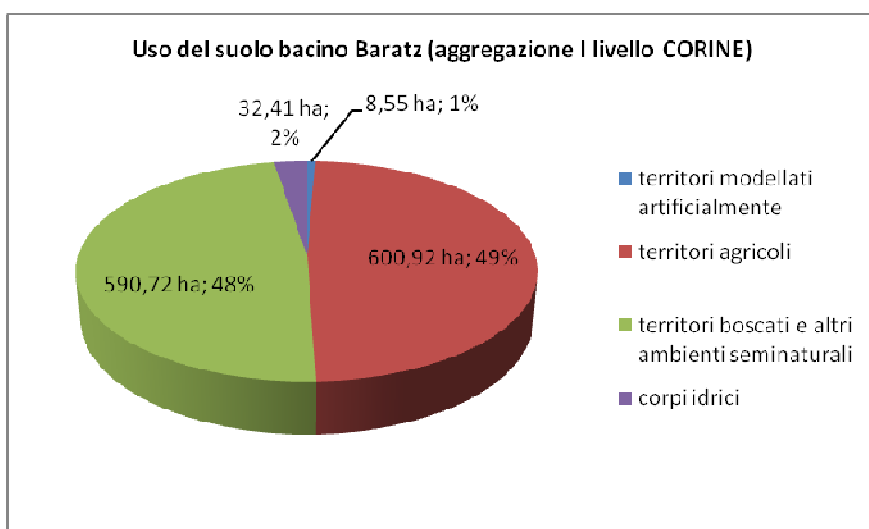


Fig. 4.6.2 – Aggregazione classi I livello CORINE uso del suolo bacino del lago Baratz.

Attività zootecnica

La distribuzione di tipologia di allevamento per tutti i bacini oggetto di studio è riportata in figura 4.1.4, suddivisa per ogni tipologia animale, espressa in numero di capi anche per il bacino del Lago Baratz.

Il carico potenziale di origine zootecnica, è stato calcolato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda il carico di azoto che di fosforo che per i carichi potenziale ed effettivo. In figura 4.6.4 è riportata la ripartizione del carico potenziale in azoto di origine zootecnica, per il bacino del Lago Baratz.

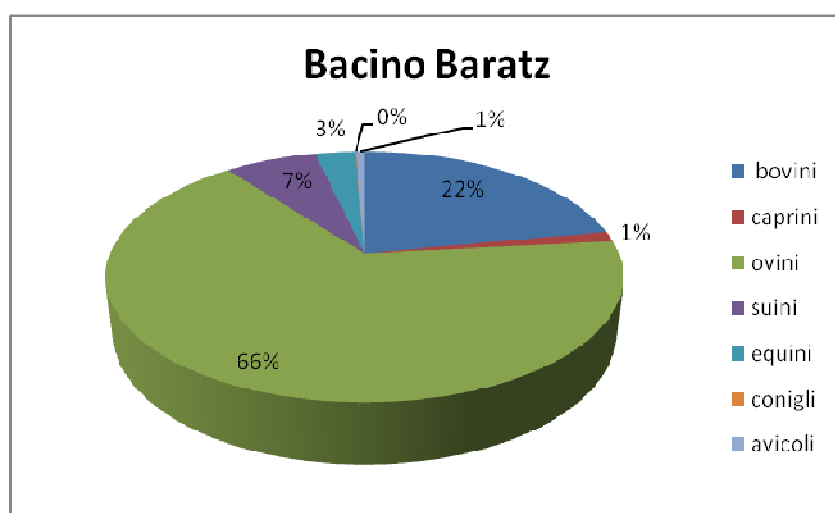


Fig. 4.6.4 - Ripartizione % del carico potenziale in azoto per tipologia bestiame, nel bacino del Baratz.

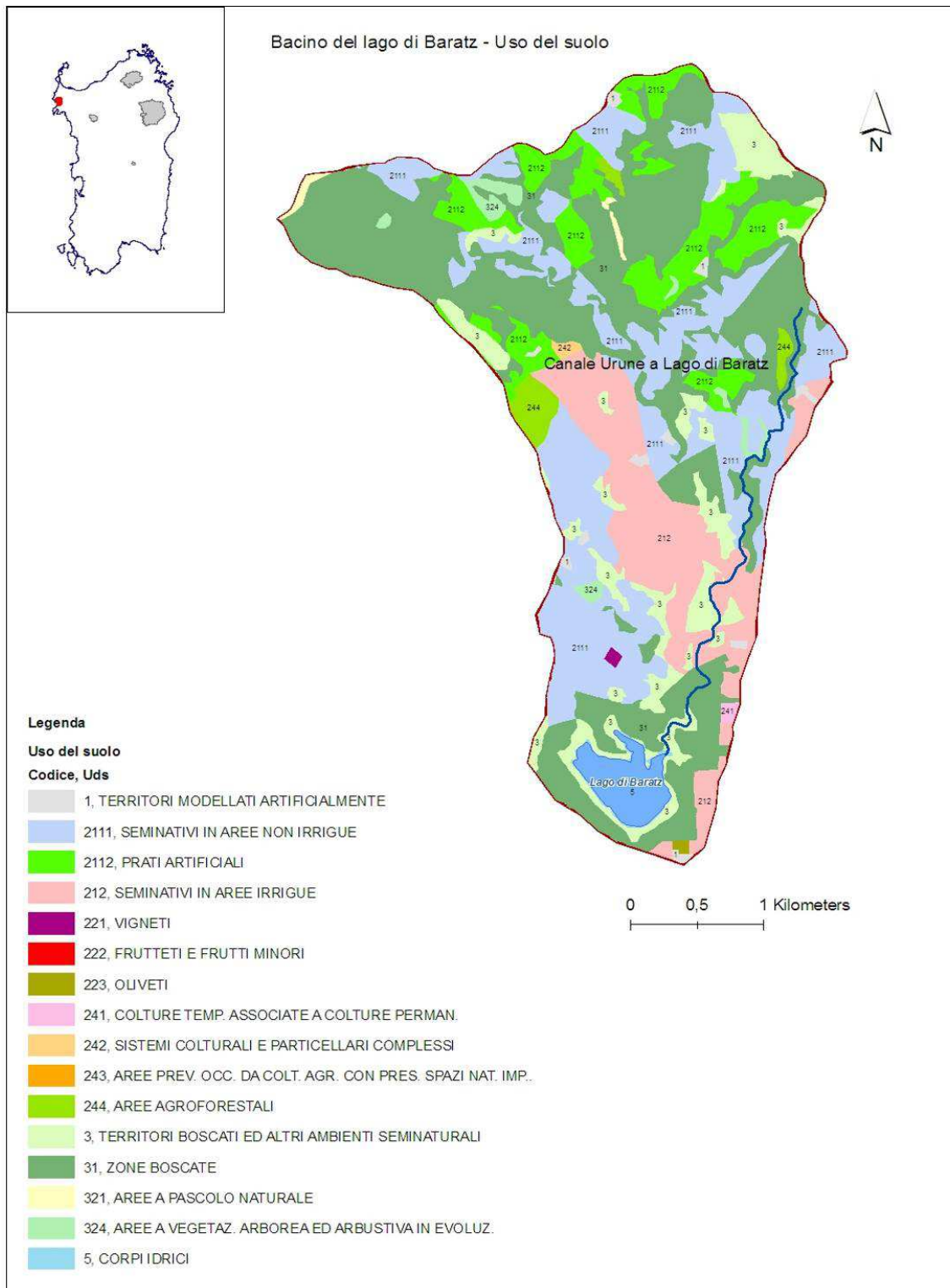


Fig. 4.6.3 - Uso del suolo all'interno del bacino del Lago Baratz.

In figura 4.6.5 è riportata la ripartizione del carico potenziale di fosforo di origine zootecnica, per il bacino del Lago Baratz.

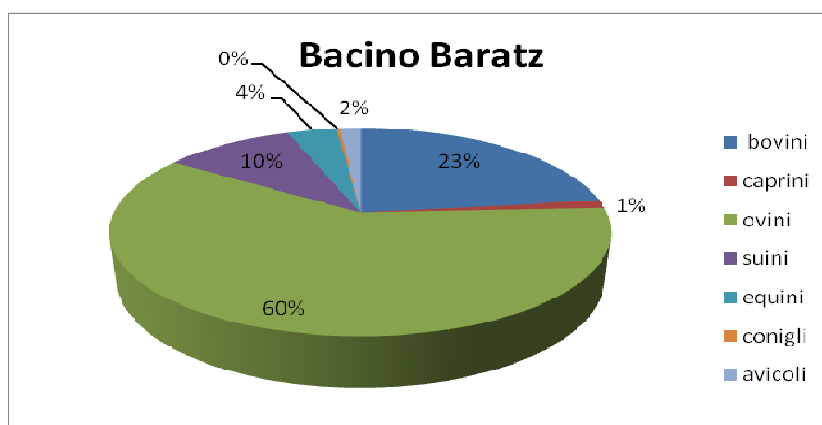


Fig. 4.6.5 - Ripartizione % del carico potenziale in fosforo per tipologia bestiame, nel bacino del Baratz.

Nella tabella 4.6.1 si riporta la quota dei carichi annuali di origine zootecnica transitanti all'interno del bacino del Lago Baratz, per azoto e fosforo.

Tab. 4.6.1 – Carichi annui di origine zootecnica per azoto e fosforo per il bacino del Baratz.

Bacino	Carichi potenziali di origine zootecnica		Carichi effettivi di origine zootecnica	
	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>
Baratz	15,72	2,79	0,79	0,14

Attività agricola

La stima del carico di nutrienti di origine agricola, è stato effettuato come per il Lago Bidighinzu, sia per quanto riguarda l'azoto che il fosforo, sia per i carichi potenziali che effettivi. In tabella 4.6.2 sono riportati i carichi di origine agricola, potenziali ed effettivi per l'azoto e il fosforo per il bacino del Lago Baratz.

Tab. 4.6.2 – Carichi annui di origine agricola per azoto e fosforo per il bacino del Baratz.

Bacino	Carichi potenziali di origine agricola		Carichi effettivi di origine agricola	
	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>	azoto <i>tonnellate/anno</i>	fosforo <i>tonnellate/anno</i>
Baratz	80,44	21,98	17,38	0,72

Fitoplancton strategie di campionamento e difficoltà

I campionamenti nei laghi della Sardegna scelti per il progetto INHABIT sono stati condotti dal Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche dell'Università di Sassari,

seguendo il protocollo nazionale illustrato in precedenza. Si riporta di seguito (Fig. 4.6.6) la mappa batimetrica del lago e la posizione della stazione di campionamento.

Il campionamento sul Lago Baratz implica una particolare attenzione rispetto al fondo. Per questo motivo è necessario porre particolare attenzione a non toccare il fondale durante i campionamenti.



Fig. 4.6.6 – Lago Baratz, la bandierina gialla indica il punto di campionamento.

Macrofite strategia di campionamento e difficoltà

Nonostante alcuni problemi logistici e di sicurezza, il Lago Baratz infatti risulta ancora disseminato di ordigni bellici, si è considerato di estremo interesse riuscire a effettuare il campionamento delle piante acquatiche. Il forte interesse per questo ambiente deriva dal fatto che è un lago costiero e unico lago naturale della regione Sardegna, su cui da metà degli anni '80 non vengono svolti campionamenti di alcun tipo.

La pericolosità del sito ha impedito di poter svolgere completamente quelle che sono le fasi del campionamento. Infatti non si è potuto utilizzare benne, rastrelli o altri strumenti di raccolta e si è proceduto con il solo ausilio del batiscopio.

Il lago negli ultimi anni ha subito una forte diminuzione di livello e quella che era la zona litorale, lasciata libera dall'acqua, è stata occupata da vegetazione infestante (rovi e giunchi), poco affine alla flora mediterranea che occupa il resto del bacino imbrifero. Dal 2010 invece, forse grazie anche alle forti piogge cadute e alla diminuzione dei prelievi d'acqua dalla falda, all'interno del bacino drenante, si è ritornati alle condizioni di livello originali e a una profondità massima lacustre pari a 7,5 m (Fig. 4.6.7).



Figura 4.6.7 - Foto panoramica del Lago Baratz.

La vegetazione idrofita oggi rispecchia quella che è stata l'evoluzione dell'habitat ripario e lacustre (Fig. 4.6.7 e 4.6.8). Infatti dalla linea di costa, in corrispondenza del battente d'onda, fino ad una profondità di 2,5 m, non si trova vegetazione idrofita. Questa fascia litorale, ora completamente sommersa, era fino al 2009 occupata da una fitta vegetazione erbacea e in qualche tratto arborea che ancora oggi, pur essendo morta e completamente immersa in acqua, impedisce la crescita di qualsiasi tipo di vegetazione acquatica (Fig. 4.6.8).

Durante il campionamento sono state riscontrate le idrofite a partire da una profondità di 2,5 m fino alla profondità di 5 m. Questa non è però la massima profondità di crescita delle macrofite sul Lago Baratz, infatti, come è già stato ricordato in precedenza, su questo ambiente non potendo operare con campionamenti profondi e con strumentazione adeguata si è proceduto con il solo uso del batiscopio. Con questo strumento, la visione è dipendente dalla trasparenza dell'acqua, di conseguenza si è potuto constatare la presenza di piante solo fino a 5 m.



Figura 4.6.8 - Vedute della zona litorale del Lago di Baraz. A sinistra la zona litorale con profondità inferiore ai 2,5 m e assenza di vegetazione; a destra una immagine della prateria di *Potamogeton pectinatus*.

Nella fase di ispezione, o III fase (vedere capitolo 1 – campionamento macrofite), della

zona litorale è stata ritrovata una sola specie *Potamogeton pectinatus* (Fig. 4.6.8) e quindi, secondo quanto previsto dal protocollo di campionamento, l'intero perimetro lacustre è occupato da un singolo sito e quindi costituisce un unico habitat (Fig. 4.6.9). Questa informazione è stata poi confermata dalla successiva fase: in tutti i punti campionati è stato raccolto solo *P. pectinatus* (Fig. 4.6.9). Nella fase di campionamento sono stati ispezionati comunque 56 punti (Fig. 4.6.9) con copertura della specie sempre molto alta, compresa sempre tra 60 e 100 %.

Vista la ricchezza di nutrienti e l'abbondanza di macrofite rilevate è certo che, al di sotto della zona da noi campionata, sia molto probabile la presenza di altre specie idrofittiche. Questa supposizione deriva anche dal fatto che durante i campionamenti passati sono state ritrovate 3 specie di *Potamogeton* e anche alcune piante del genere *Chara*.

Il *Potamogeton pectinatus* (Fig. 4.6.8) è una specie ubiquitaria sul territorio nazionale, anche se presenta una prevalenza nei laghi e negli stagni vicino alla costa, ad altitudini comprese tra gli 0 e i 2.000 m. Questa specie viene indicata spesso come indicativa di ambienti ad alto contenuto di nutrienti e stato trofico elevato.

Pur non avendo potuto compiere un campionamento fino alla massima profondità di crescita delle piante acquatiche, è comunque significativo sottolineare come le zone prima scoperte (tra 0 e 2,5 m) non siano state ancora ricolonizzate mentre le zone più profonde presentino una abbondante prateria di *P. pectinatus*, indicando di fatto come le piante possano essere effettivamente indicatrici di una modificazione significativa degli habitat litorali.



Figura 4.6.9 - Punti di campionamento (in verde) e estensione dell'unico sito (in rosso) riscontrato sul Lago di Baratz. L'immagine satellitare è stata scaricata da GoogleEarth.

CAPITOLO 5 – PRIMI RISULTATI

5.1 PIEMONTE

5.1.1. Macroinvertebrati

Per quanto riguarda il campionamento dei macroinvertebrati, come detto in precedenza, questo è stato effettuato anche sugli invasi oltre che sui laghi naturali, anche se non espressamente previsto dal progetto. A tale campionamento è anche stata aggiunta l'analisi granulometrica e chimica del sedimento lacustre, per definire la strategie di campionamento più adatte al tipo di substrato e per caratterizzare in modo più approfondito l'ambiente di studio.

Le campagne di campionamento autunnali, le analisi granulometriche e chimiche dei sedimenti e della fauna a macroinvertebrati sono ad oggi ancora in corso e non è quindi possibile inserire alcun risultato definitivo in questo deliverable.

5.1.2. Fitoplancton

Per quanto riguarda il fitoplancton, la campagna di prelievo nei laghi piemontesi è tutt'ora in corso e terminerà con la stagione autunnale. Al momento sono stati raccolti 26 campioni nei sei laghi piemontesi e 10 in quelli sardi. Solamente per il Candia è terminata l'attività di campagna. Dati relativi al conteggio delle cellule algali non sono ancora disponibili: nel presente deliverable saranno presentati e commentati i profili di distribuzione verticale ottenuti tramite fluorimetria *in situ* per 12 dei 26 campionamenti sui laghi piemontesi.

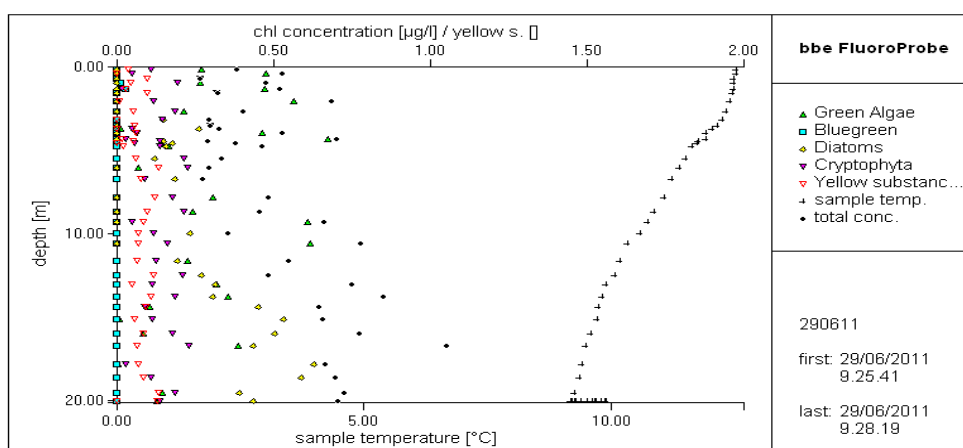
Lago Morasco

Fig. 5.1.2a – Profili di fluorimetria in data 29 giugno 2011.

I profili ottenuti nel Morasco (Figg. 5.1.2a e 5.1.2b) mostrano una bassa concentrazione di biomassa fitoplanctonica in entrambe le date di prelievo, con picchi di clorofilla totale intorno ad $1 \mu\text{g l}^{-1}$. La distribuzione verticale del fitoplancton appare decisamente irregolare e, probabilmente, indica una turbolenza elevata della colonna d'acqua: questo si nota, in particolare, alla fine di luglio, in presenza solo di una debole stratificazione

termica. Chlorophyta (Green Algae) e Chrysophyta (Diatoms) sono i gruppi dominanti in entrambi i campionamenti.

Lago di Mergozzo

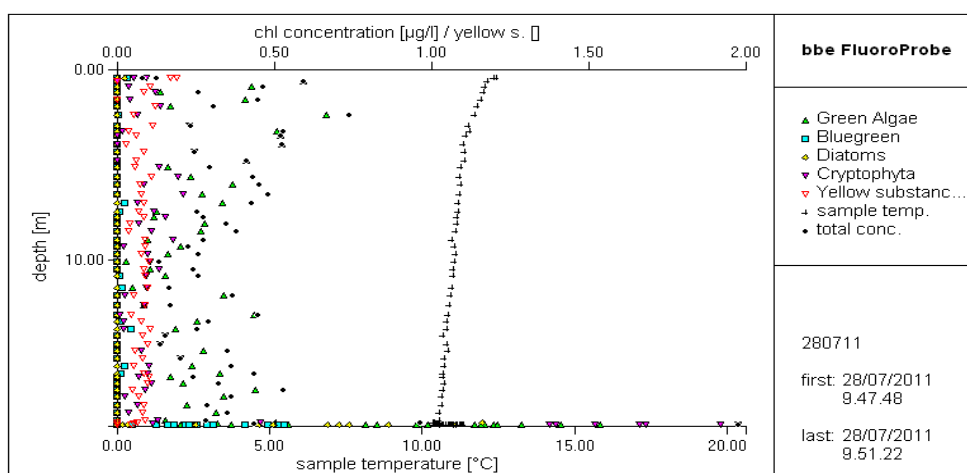


Fig. 5.1.2b - Profili di fluorimetria in data 28 luglio 2011.

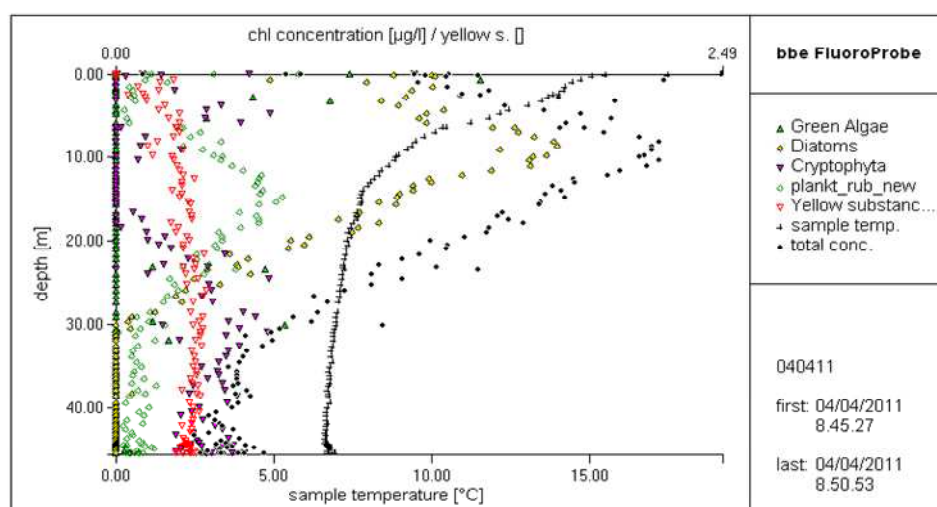


Fig. 5.1.2c - Profili di fluorimetria in data 4 aprile 2011.

I profili misurati nel Lago di Mergozzo indicano la presenza del metalimnio nel mese di aprile ed il suo consolidarsi in maggio. In entrambi i mesi il picco di clorofilla si situa alla base del metalimnio ed è rappresentato, in particolare, dalle Chrysophyta. Un contributo di un certo rilievo viene dato anche dal cianobatterio *Planktothrix rubescens*, identificato applicando una impronta spettrale specifica, che va ad occupare uno strato d'acqua leggermente inferiore rispetto al gruppo dominante. In aprile (Fig.5.1.2c) il picco di clorofilla totale è localizzato intorno ai 10 metri di profondità, mentre a maggio (Fig.5.1.2d) si trova a circa 20 metri: un'indicazione di questo tipo rappresenta un utile elemento per programmare correttamente un campionamento di fitoplancton.

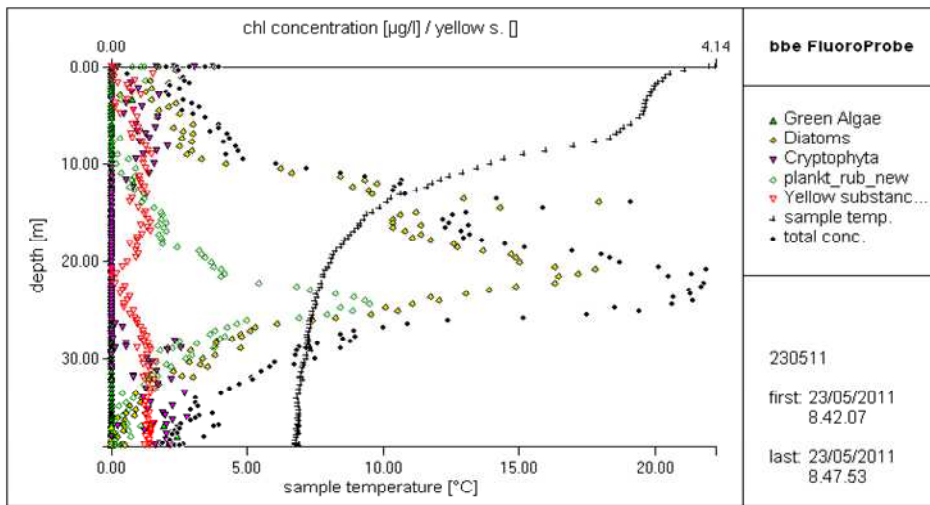


Fig. 5.1.2d - Profili di fluorimetria in data 23 maggio 2011.

Lago Sirio

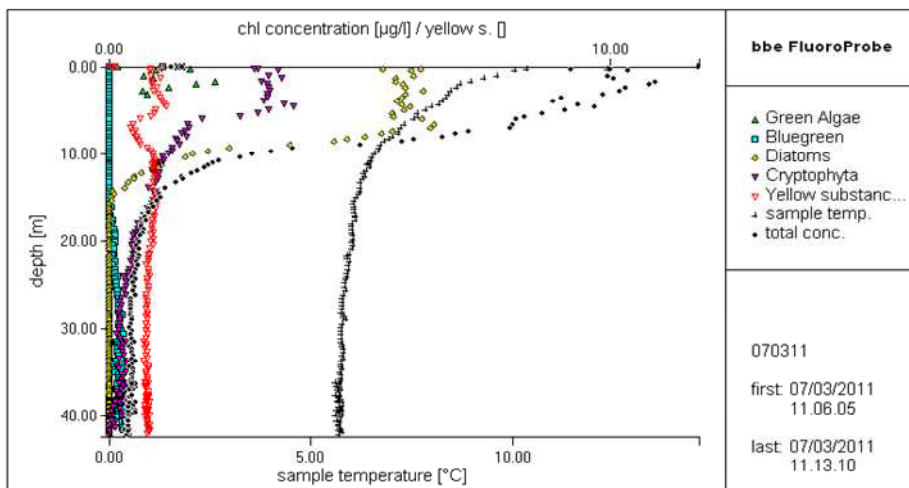


Fig. 5.1.2e - Profili di fluorimetria in data 07 marzo 2011.

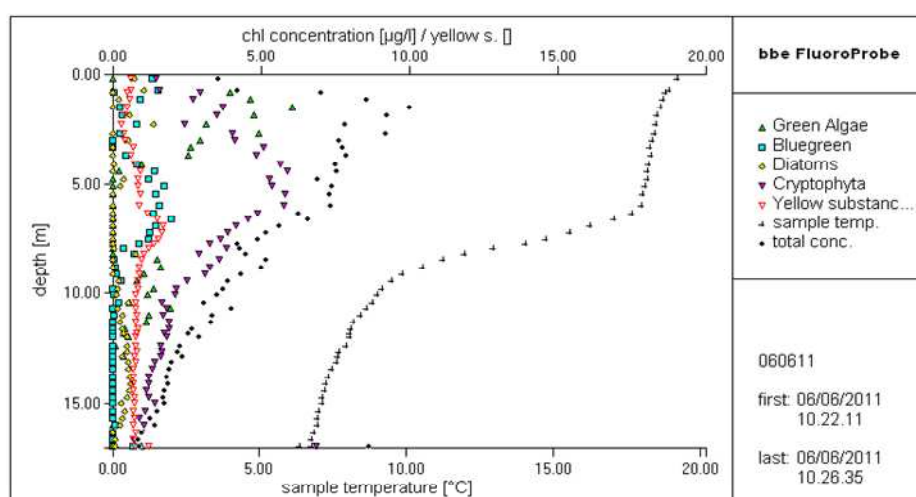


Fig. 5.1.2f - Profili di fluorimetria in data 06 giugno 2011.

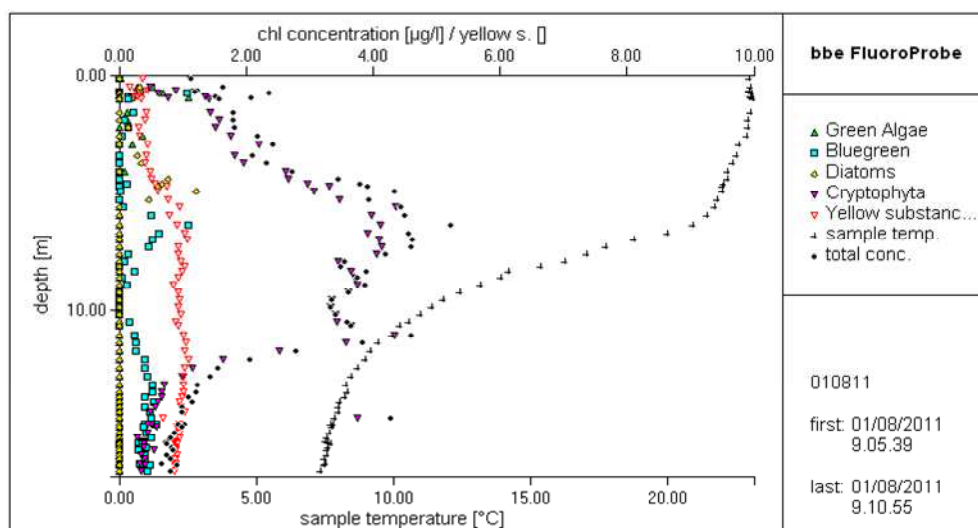


Fig. 5.1.2g - Profili di fluorimetria in data 01 agosto 2011.

I profili misurati nel Lago Sirio in tre diversi momenti stagionali permettono di ricostruire la successione stagionale della comunità fitoplanctonica. In marzo (Fig. 5.1.2e) lo sviluppo algale è localizzato nello strato più superficiale della colonna d'acqua (0-10 m), dove sono dominanti Chrysophyta e Cryptophyta. In prossimità della superficie si osserva anche uno sviluppo di Chlorophyta.

In giugno (Fig. 5.1.2f) è evidente un termoclinio stabile, con un metalimnio compreso tra 5 e 10 metri: Cryptophyta e Chlorophyta sono i gruppi più importanti, ma si osserva anche un primo sviluppo di cianobatteri (Bluegreen), che presentano due picchi, uno sub-superficiale ed uno metalimnetico. In agosto (Fig. 5.1.2g) sono dominanti le Cryptophyta, concentrate in corrispondenza del metalimnio, ma permangono i cianobatteri, con una distribuzione analoga a quella del campionamento di giugno.

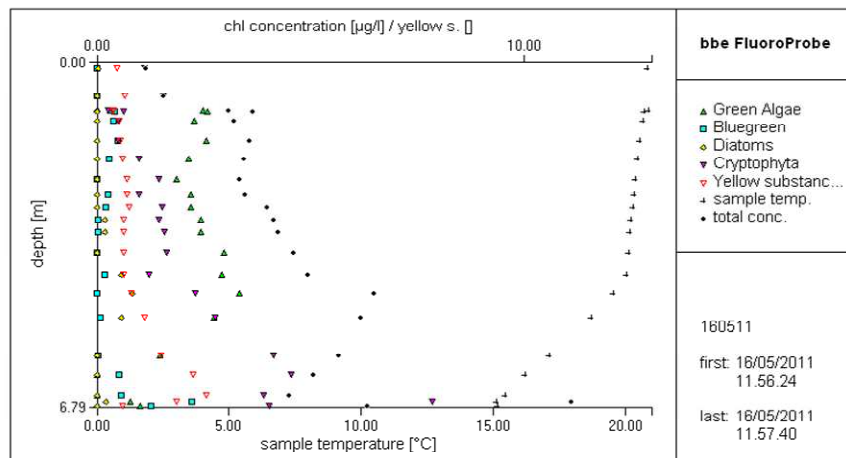
Lago di Candia

Fig. 5.1.2h - Profili di fluorimetria in data 16 maggio 2011.

L'unico profilo misurato sul Candia nel 2011 (Fig. 5.1.2h) mostra un epilimnio ancora rimescolato ed un accenno di stratificazione a partire da circa 5 metri di profondità. La distribuzione del fitoplancton evidenzia una tendenza all'aumento delle concentrazioni spostandosi verso il fondo del lago, con un picco in corrispondenza dello strato dove aumenta la densità. Chlorophyta e Cryptophyta sono i gruppi dominanti.

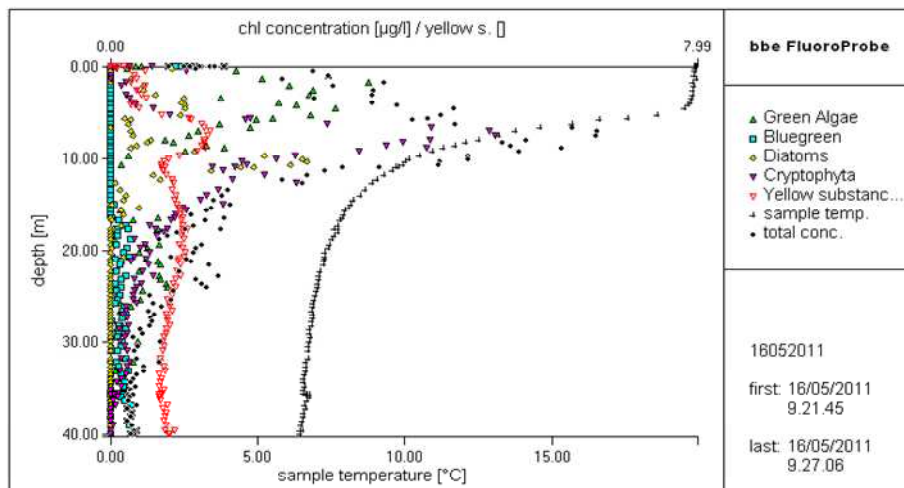
Lago di Viverone

Fig. 5.1.2i - Profili di fluorimetria in data 16 maggio 2011.

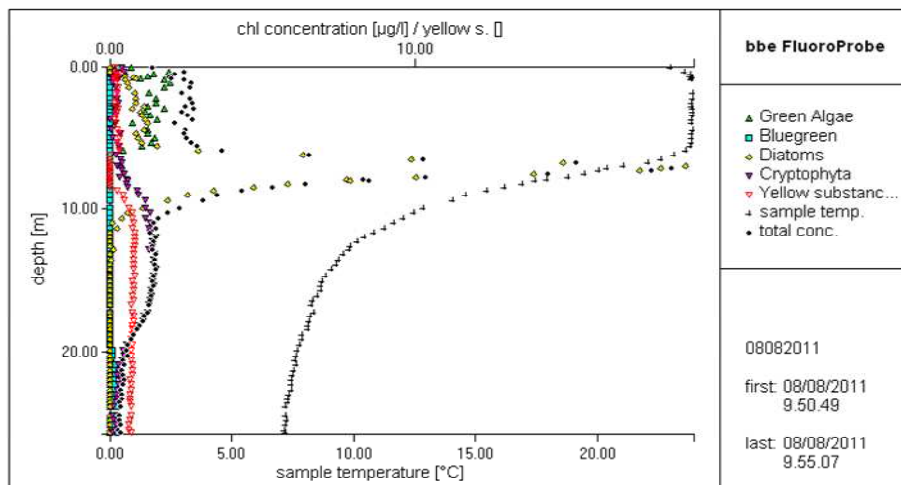


Fig. 5.1.2l - Profili di fluorimetria in data 08 agosto 2011.

I profili relativi al Viverone mostrano una stabile stratificazione termica in entrambe le date di campionamento. Nel mese di maggio (Fig. 5.1.2i) la comunità appare ben diversificata, essendo importanti Cryptophyta, Chlorophyta e Chrysophyta. I valori più elevati di clorofilla si osservano nello strato epilimnico (0-10 m) ed è evidente un picco metalimnetico. In agosto (Fig. 5.1.2l) la comunità è composta quasi esclusivamente da diatomee, concentrate in una fascia metalimnetica molto sottile (circa 2 m di spessore in corrispondenza del picco massimo), all'interno della quale si raggiunge una concentrazione di clorofilla di quasi $20 \mu\text{g l}^{-1}$, a fronte di valori quattro volte inferiori nel resto della colonna. In presenza di distribuzioni di questo tipo, l'errore legato ad un campionamento fatto con bottiglia (e non con integratore) può essere elevato.

Lago del Serrù

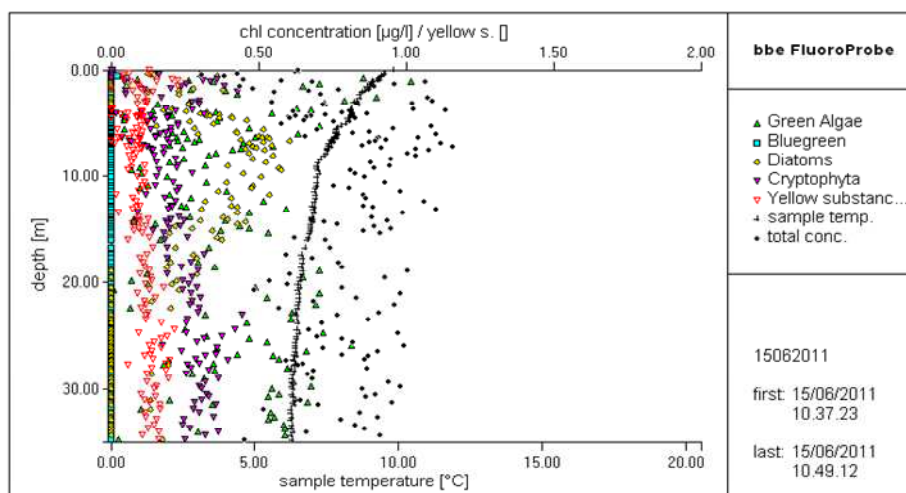


Fig. 5.1.2m - Profili di fluorimetria in data 15 giugno 2011.

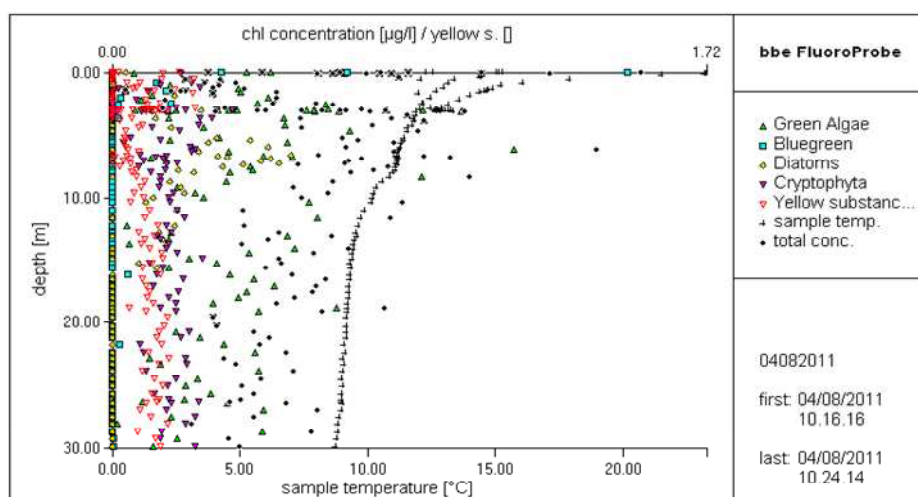


Fig. 5.1.2n - Profili di fluorimetria in data 04 agosto 2011.

La distribuzione verticale del fitoplancton nel Lago del Serrù (Figg. 5.1.2m e 5.1.2n) mostra profili simili a quelli registrati nel Morasco, dove non è evidente una regolarità nella posizione delle alghe. In questi ambienti si raggiunge solo una debole stratificazione termica, che può essere facilmente rotta dal rapido cambiamento delle condizioni meteorologiche. La dispersione delle alghe lungo la colonna d'acqua è il risultato di questo stato quasi continuo di turbolenza. In entrambi i campionamenti si è osservata una bassa concentrazione di clorofilla totale, con la prevalenza di Chrysophyta e Chlorophyta. Una distribuzione di questo tipo è sicuramente l'ideale per minimizzare i possibili errori di campionamento.

5.1.3. Macrofite

Lago Sirio

Per quanto riguarda il parametro biologico, macrofite, nel lago Sirio sono state campionate 7 specie di piante acquatiche: *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Lemna minor*, *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum verticillatum*, *Nitella gracilis* e *Nymphaea alba*. Le specie più presenti sono *Myriophyllum spicatum*, rinvenuto in tutti i siti esaminati e *Ceratophyllum demersum*, trovato, invece, in 11 siti su 12. *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum verticillatum* e *Nitella gracilis* sono presenti solo in 3 siti su 12 e sono specie rinvenute sempre contemporaneamente. Solo in 2 siti è presente *Nymphaea alba*, specie di pianta galleggiante trovata nei siti prossimi ai due stabilimenti balneari del lago. E' sicuramente una specie introdotta dall'uomo a scopo ornamentale, anche se ormai la popolazione di questa specie è rappresentata da un cospicuo numero di esemplari che stabilmente vivono nel lago. In un unico sito è stata invece ritrovata *Lemna minor*, specie macrofittica galleggiante ritrovata in una porzione molto piccola del lago dove il livello dell'acqua è basso e dove l'assenza di corrente è pressoché totale.

Lago di Viverone

Nel Lago Viverone, il campionamento ha permesso di individuare le 9 specie di macrofite. Così suddivise *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Nelumbo nucifera* e *Trapa natans* per le macrofite radicate a foglie galleggianti; *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton crispus* e *Najas marina* rappresentanti della categoria di macrofite radicate sommerse.

5.1.4. Pesci

Per quanto riguarda la fauna ittica, si fornisce qui di seguito, nella tabella 5.1.4a una prima lista di specie ittiche rinvenute in alcuni dei laghi del progetto, campionati nella Regione Piemonte.

Tab. 5.1.4a – Lista delle specie ittiche identificate nei laghi campionati e totale delle specie.

Nome comune	Nome scientifico	Mergozzo	Morasco	Serrù
Acerina	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	55		
Agone	<i>Alosa agone</i>	13		
Alborella	<i>Alburnus alborella</i>	5		
Bottatrice	<i>Lota lota</i>	3		
Cavedano	<i>Squalius cephalus</i>	29		
Coregone	<i>Coregonus lavaretus</i>	9		
Ghiozzo	<i>Padogobius martensi</i>	21		
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	303		
Gobione	<i>Gobio gobio</i>	4		
Luccio	<i>Esox lucius</i>	3		
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	3		
P. Trota	<i>Micropterus salmoides</i>	26		
P. persico	<i>Perca fluviatilis</i>	79		
P. sole	<i>Lepomis gibbosus</i>	27		
P. gatto	<i>Ameiurus melas</i>	5		
R. amaro	<i>Rhodeus sericeus</i>	12		
Scardola	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	59		
Scazzone	<i>Cottus gobio</i>	1		
Salmerino alpino	<i>Salvelinus alpinus</i>	1		
Salmerino di fonte	<i>Salvelinus fontinalis</i>			293
Sanguinerola	<i>Phoxinus phoxinus</i>		6406	
Trota fario	<i>Salmo trutta trutta</i>	1		
Trota iridea	<i>Onchorynchus mikyss</i>		263	
TOT.		659	6669	293

Lago di Mergozzo

Per il lago di Mergozzo sono state effettuate alcune elaborazioni sui dati raccolti. In figura 5.1.4a si riportano l'abbondanza e la biomassa relative alle reti pelagiche e bentiche, suddivise per ciascuna specie rinvenuta.

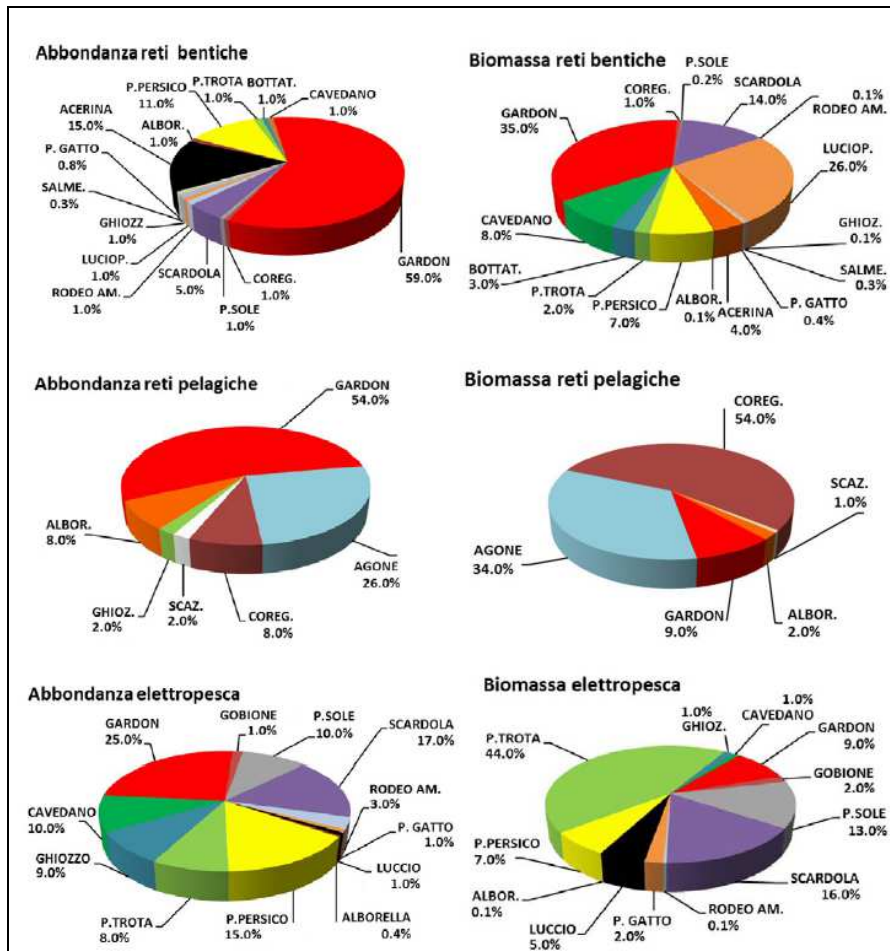


Fig. 5.1.4a - Abbondanza e biomassa relative nel catturato delle reti multimaglia bentiche, pelagiche e dell'elettropesca per il lago di Mergozzo.

5.1.5. Idromorfologia

I primi risultati delle applicazioni del metodo Lake Habitat Survey sono rappresentabili attraverso i due indici sintetici, il Lake Habitat Modification Score (LHMS) che esprime l'alterazione idromorfologica presente nel lago esaminato, data dalla presenza di artificializzazioni di vario genere (cementificazione della sponda e/o della zona litorale, presenza di infrastrutture come imbarcaderi, porti, attracchi in calcestruzzo, difese spondali in materiale non naturale) e di attività umane come navigazione a motore, attività turistico-ricreative e fluttuazioni di livello. Il Lake Habitat Quality Assessment (LHQA) che identifica la qualità degli habitat presenti, ovvero dà un'indicazione della presenza o meno di habitat litorali importanti per le biocenosi lacustri. Tale indice viene definito attraverso l'osservazione e l'identificazione sulla scheda di campo, della tipologia di vegetazione

riparia e spondale, presenza o assenza di piante acquatiche, presenza di specie invasive, presenza di essenze igrofile. Questi due indici vengono elaborati dal database associato al metodo, nel quale si sono inserite tutte le informazioni raccolte in campo attraverso l'ausilio della scheda. Il database è stato strutturato per il metodo inglese con le categorie e le caratteristiche legate ai laghi inglesi. La diversità di alcune caratteristiche dei laghi italiani impone la necessità di convertire il database secondo quanto riscontrato nei laghi indagati. Ad oggi non è stato ancora possibile questa conversione quindi i valori dei due indici riportati nella grafico 5.1.5a sia per i laghi della Regione Piemonte che per quelli della Regione Sardegna, potranno essere soggetti a variazioni quando il database sarà strutturato per le caratteristiche dei laghi italiani.

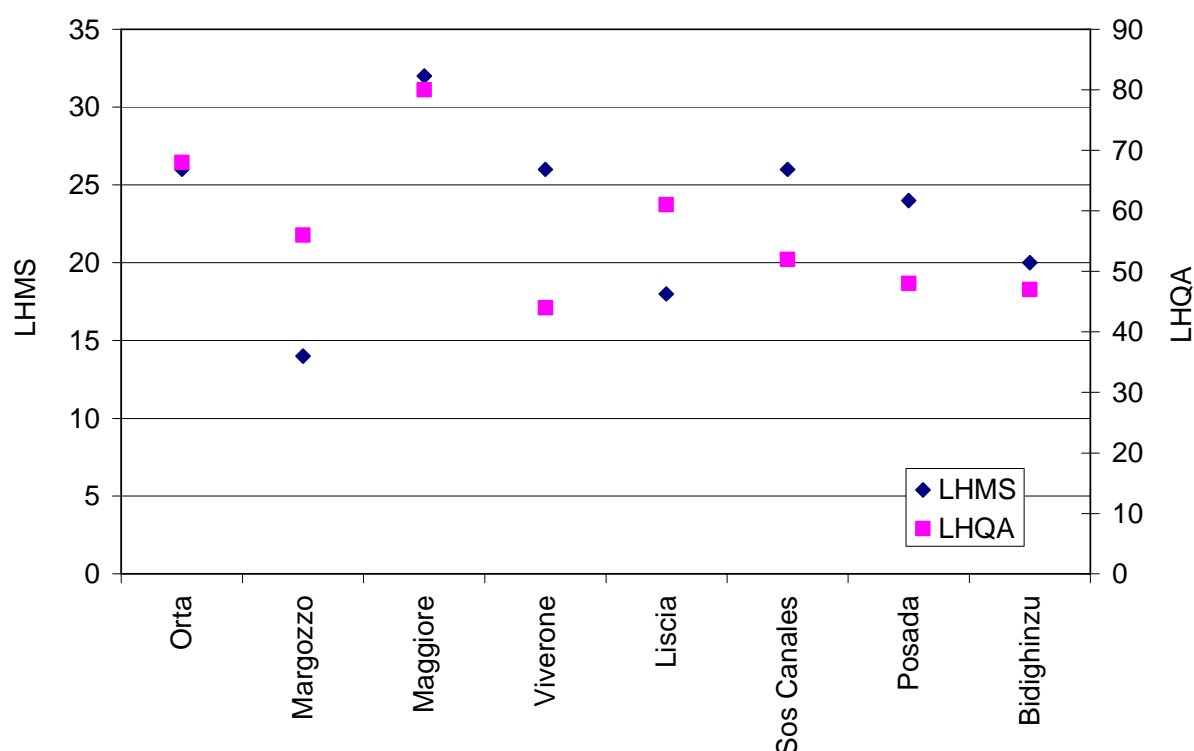


Grafico 5.1.5a – Valori di alterazione morfologica (LHMS) e di qualità degli habitat (LHQA) secondo quanto elaborato dal database associato al metodo LHS, sia per i laghi piemontesi che per quelli sardi.

Non tutti i laghi indagati sono stati inseriti nel database, in quanto l'inserimento richiede diverso tempo e attenzione date alcune diversità tra la scheda di campo studiata e strutturata per le caratteristiche dei laghi italiani e le voci presenti nel database, ancora legate al metodo esclusivamente inglese.

Da una prima analisi dei due indici si può evidenziare come nei laghi indagati l'alterazione morfologica (LHMS) sia superiore rispetto alla qualità, tranne che per il Lago Liscia, che ha ottenuto un punteggio piuttosto elevato per l'indice LHQA mentre piuttosto basso per il LHMS. Il Lago di Viverone, pur essendo naturale, ha valori elevati di LHMS, dovuti soprattutto all'elevato carico antropico delle sue sponde e il Lago di Mergozzo pur avendo evidenziato il minor valore di LHMS, non ha avuto un valore molto elevato per l'indice LHQA; quest'ultimo aspetto sarà da indagare ed approfondire nelle successive fasi del progetto. Il Lago d'Orta e il Lago Maggiore, utilizzati per la taratura del metodo, mostrano entrambi un'interessante vicinanza dei valori LHMS ed LHQA con una leggera inversione del LHMS per il Lago Maggiore. Sicuramente le caratteristiche di profondità ed estensione

areale dei due laghi influenzano la risposta del metodo. Ulteriori indagini saranno necessarie per una sua completa validazione su tutte le tipologie lacustri italiane.

5.2 SARDEGNA

5.2.1. Macroinvertebrati

Per quanto riguarda il campionamento dei macroinvertebrati, come detto in precedenza, questo è stato effettuato anche sugli invasi oltre che sui laghi naturali, anche se non espressamente previsto dal progetto. A tale campionamento è anche stata aggiunta l'analisi granulometrica e chimica del sedimento lacustre, per definire la strategie di campionamento più adatte al tipo di substrato e per caratterizzare in modo più approfondito l'ambiente di studio.

Le campagne di campionamento autunnali, le analisi granulometriche e chimiche dei sedimenti e della fauna a macroinvertebrati sono ad oggi ancora in corso e non è quindi possibile inserire alcun risultato definitivo in questo deliverable.

5.2.2. Fitoplancton

Non sono disponibili, in questa fase del lavoro, dati relativi ai campioni di fitoplancton raccolti nei laghi della Sardegna, poiché l'analisi è in ancora in corso e terminerà a giugno 2012. Si riporta di seguito la tabella 5.2.2a con le date dei campionamenti effettuati fino a settembre 2011 in questi ambienti.

Tabella 5.2.2a – Date dei campionamenti nei laghi della Sardegna fino a settembre 2011.

Lago	Date dei prelievi
Torrei	10 febbraio, 4 maggio, 27 giugno, 29 agosto
Sos Canales	2 agosto
Bidighinzu	10 agosto
Baratz	21 giugno, 25 agosto, 22 settembre
Posada	31 agosto
Liscia	25 luglio

5.2.3. Macrofite

Lago Sos Canales

Nel lago Sos Canales, sui 4 punti di campionamento sono state rilevate le seguenti specie idrofittiche: *Littorella uniflora*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pusillus* e *Ranunculus* sp. *Littorella uniflora*: già più volte segnalata nel territorio sardo, è una pianta che vive preferenzialmente al bordo di laghi o stagni, a profondità comprese tra 30 - 60 dm di acqua. È comunque una specie che sta scomparendo dal territorio nazionale per via dell'aumento dell'eutrofizzazione delle acque.

Myriophyllum spicatum: è la specie più comune del genere *Myriophyllum* vive in acque temperate e con caratteristiche mesotrofiche.

Potamogeton pusillus: detto anche brasca palermitana, questa pianta a dispetto del nome non si limita alle regioni dell'Italia meridionale ma è diffusa in tutto la penisola ad esclusione delle regioni centro meridionali. Vive ovunque ci sia acqua, fossi, canali, stagni, laghi e fiumi, purchè questi presentino acque limpide abbiano caratteristiche di mesotrofia.

Lago Baratz

Nella fase di ispezione, della zona litorale è stata ritrovata una sola specie *Potamogeton pectinatus*. Questa informazione è stata poi confermata dalla successiva fase: in tutti i punti campionati è stato raccolto solo *P. pectinatus*. Nella fase di campionamento sono stati ispezionati comunque 56 punti con copertura della specie sempre molto alta, compresa sempre tra 60 e 100 %.

Durante i campionamenti passati sono state ritrovate 3 specie di *Potamogeton* e anche alcune piante del genere *Chara*.

5.2.4. Pesci

Il campionamento della fauna ittica nei laghi del progetto, in Sardegna, non è ancora stato effettuato. Si effettuerà durante il mese di ottobre 2011.

CAPITOLO 6 – ATTIVITA' FUTURA

Le attività di campionamento non sono ancora concluse per tutti i parametri indagati. Sarà necessario quindi proseguire con l'attività di campagna durante l'autunno del 2011 e la primavera-estate del 2012.

Per alcuni parametri è presumibile poter avere tutte le elaborazioni per i primi mesi del 2012 (es. per il fitoplancton) per altri la determinazione e l'elaborazione richiederanno più tempo (es. macroinvertebrati), soprattutto saranno spostate nel tempo le elaborazioni di quei parametri campionati in primavera-estate del 2012 (es. pesci).

L'elaborazione di tutti i parametri con il calcolo finale degli indici di qualità si potrà prevedere per la fine del 2012.

Sarà necessario prevedere la sistemazione del database per la parte idromorfologica, in modo da renderlo concorde con la scheda di campo in tutte le sue parti. Sicuramente l'utilizzo delle metodiche di campionamento nazionale su tutti i parametri indagati porteranno le attività future anche verso una verifica di tali metodiche.

BIBLIOGRAFIA

- Adorno, G. 1989. *Idrogeologia ed idrochimica dell'Anfiteatro morenico di Ivrea ad Est della Dora Baltea*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche, Università degli Studi di Torino
- AA.VV. 1977-1985. *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, Collana del C.N.R. Progetto Finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente", Verona, 29 volumi.
- Autorità Bacino Fiume Po, 2006. *Criteri per la verifica di conformità dei Piani di Tutela con gli obiettivi a scala di bacino. ALLEGATO 1, Elementi per la determinazione dei carichi inquinanti*.
- Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Adige, 2006. *Report art. 5 Direttiva 2000/60/CE*. 33 pp.
- Barbanti, L.: Osservazioni sul Lago Maggiore, Circolo del Pallanzotto, Verbania, Italia, 1994.
- Barbiero G., Carone G., Cicioni G., Puddu A., Spaziani F.M., 1991. *Valutazione dei carichi inquinanti potenziali per i principali bacini idrografici italiani: Adige, Arno, Po e Tevere*. Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque, 90. 233 pp.
- Bazzanti, M., A. Boggero, V. Lencioni, L. Mastrantuono, B. Rossaro & A. Solimini. 2007. *Protocollo di campionamento e analisi dei macroinvertebrati negli ambienti lacustri*. APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici: 18 pp.
- Bengtsson, L. & M. Enell. 1986. *Chemical analysis*. Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, B.E. Berglund : 423-433.
- Beutler, M. 1998. *Entwicklung eines Verfahrens zur quantitativen Bestimmung von Algengruppen mit Hilfe computergestützter Auswertung spektralaufgelöster Fluoreszenzanregungsspektren*. Diplomarbeit. Univ. Kiel, Kiel.
- Beutler M., K.H. Wiltshire, B. Meyer, C. Moldaenke, C. Lüring, M. Meyerhöfer, U.P. Hansen, H. Dau. 2002. *A fluorometric method for the differentiation of algal populations in vivo and in situ*. *Photosynth. Res.*; 72: 39-53.
- Boggero, A., S. Zaupa & I. Guarneri. 2011a. *Protocollo di campionamento ed analisi chimica di sedimenti lacustri*. Sito web: PROGETTO LIFE08 ENV/IT/000413 INHABIT: 15 pp.
- Boggero, A., S. Zaupa & I. Guarneri. 2011b. *Protocollo di campionamento ed analisi granulometrica di sedimenti lacustri*. Sito web: PROGETTO LIFE08 ENV/IT/000413 INHABIT: 15 pp.
- Boggero, A., S. Zaupa, B. Rossaro, V. Lencioni & F. Gherardi. 2011c. *Guida tecnica alla programmazione del campionamento e alla scelta della strumentazione idonea per lo studio della fauna macroinvertebrata lacustre*. CNR-ISE Report, 02.11: 58 pp.
- Bona & Maffiotti, 1996. *L'eutrofizzazione del Lago di Viverone. Studi e proposte di intervento*. Collana ambiente.
- Brower, J.E., J.H. Zar & C.N.von Ende. 1998. *Field and laboratory methods for general ecology*. WCB, Mc Graw-Hill: 273 pp.
- Buraschi E., F. Buzzi, L. Garibaldi, G. Morabito, A. Oggioni, G. Tartari, N. Salmaso et al. 2008. *Protocollo per il campionamento di fitoplancton in ambiente lacustre. Metodi biologici per le acque*. Parte I. APAT: 15 pp. <http://www.apat.gov.it/site/it->

IT/APAT/Pubblicazioni/metodi_bio_acque.html.

- Callieri, C. & J.G. Stockner. 2002. *Freshwater autotrophic picoplankton: a review*. J. Limnol., 61 : 1-14.
- Calderoni, A., M. Ciampittiello, R. de Bernardi, G. Galanti, A. Oggioni, M. Massara, F. Vietti. 2006. Progetto di recupero del Lago di Viverone. Relazione finale. Report CNR-ISE, 08.06: 76 pp.
- Campaioli, S., P.F. Ghetti, A. Minelli & S. Ruffo. 1999. *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. Vol I-II. Ed. Provincia Autonoma di Trento.
- Carraro, 1985. *Indagine idrogeologica sull'alimentazione idrica del lago di Candia*. Torino.
- CEN 15204. 2006. *Water quality – Guidance standard for the routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy (Utermöhl technique)*.
- Chiusano, ing. G., 1989. *Ricerche idrogeologiche nel territorio comunale di Barone Canavese*. Relazione tecnica n. 887.
- Cooke, G.D., E.B. Weich, S.A. Peterson & P.R. Newroth. 1986. *Lake and reservoir restoration*. Buttlerworths Ed., Boston.
- Corine Land Cover, 2008. *Carta dell'uso del suolo edizione 2008*.
- De Bernardi, R. 1984. Methods for the estimation of zooplankton abundance. In: Downing J.A. & F.H. Rigler (Eds), *A manual on method for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. Ed. Blackwell Scientific Publications, Handbook, 17: 59-86.
- Desio, A., 1973. *Geologia dell'Italia*. UTET, 729.
- DM 7 aprile 2006, *Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento*. Tabella 2 dell'allegato I.
- EC, 2003. *Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 7. Monitoring under the Water Framework Directive*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library/framework_directive/guidance_documents/.
- Edmonson, W.T. & G.G. Winberg. 1971. *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. Blekwell Scientific Publications, Handbook 17.
- Engineering Sciences Incorporated. 1963. *Comprehensive study on protection of water resources of Lake Tahoe Basin through controlled waste disposal*. Engineering Sciences, Inc. Arcadia, California: 157 pp.
- Ferrarese, U. & B. Rossaro. 1981. *Chironomidi 1 (Diptera, Chironomidae: Generalità, Diamesinae, Prodiamesinae)*. In: *Guida per il riconoscimento della specie animali della acque interne italiane*, Vol.12. Ed. Consiglio Nazionale delle Ricerche: 97 pp.
- Flannagan, J.F. 1970. *Efficiencies of various grabs and corers in sampling freshwtare benthos*. J. Fish. Res. Bd. Can., 27: 1691-1700.
- Giussani, G. 1994. *Prime indagini sulla fauna ittica del Lago di Mergozzo*. Report CNR-III, 02.94: 12 pp.
- Giussani, G. et al, 1997, *Studio dell'evoluzione delle condizioni ambientali del Lago di Candia conseguenti alle operazioni di gestione del popolamento ittico e della vegetazione acquatica*. CNR Pallanza

- Hanna, M. and R. H. Peters. 1991. *Effect of sampling protocol on estimates of phosphorus and chlorophyll concentrations in lakes of low to moderate trophic status*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48: 1979–1986.
- Hayworth, J.D. 2004. *A Proposed Lentic Benthic Bioassessment Procedure for California* (Protocol Brief for Biological Sampling in Lakes, Reservoirs, and Ponds). Draft Technical Report. San Francisco Estuary Institute, Oakland, CA.
- Heiri, O., A.F. Lotter & G. Lemcke. 2001. *Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results*. Journal of Paleolimnology, 25: 101-110.
- INEA, 2010. *L'agricoltura nella Sardegna in cifre 2009*. 84 pp.
- ISO 9391. 1993. *Water quality. Sampling in deep waters for macro-invertebrates. Guidance on the use of colonization, qualitative and quantitative samplers*: 13 pp.
- ISO/TC 147/SC5. In press. *Water Quality. Guidance on the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in freshwaters*. 24 pp.
- Kennedy, R.H., K.W. Thornton & D.E. Ford. 1985. Characterization of the reservoir ecosystem. In: Gunnison D. (Ed.), *Microbial processes in reservoir*. The Hague, Netherlands, Junk Publishers.
- Lami, A., A. Marchetto, R. Lo Bianco, P.G. Appleby & P. Guilizzoni. 2000. The last ca 2000 years palaeolimnology of Lake Candia (N. Italy): inorganic geochemistry, fossil pigments and temperature time-series analyses. *J. Limnol.*, 59(1): 31-46
- Lencioni, V., B. Rossaro, A. Boggero & L. Marziali (Eds). 2012. *I macroinvertebrati lacustri – morfologia, tassonomia, ecologia e biomonitoraggio*. Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 5: in prep.
- Lencioni, V., Marziali L. & B. Rossaro. 2007. *I Ditteri Chironomidi: morfologia, tassonomia, ecologia, fisiologia e zoogeografia*. Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 1: 175 pp.
- Lepisto, L., A. L. Holopainen and H. Vuoristo. 2004. *Typespecific and indicator taxa of phytoplankton as a quality criterion for assessing the ecological status of Finnish boreal lakes*. *Limnologica* 34: 236–248.
- Marchetto A., G. Morabito, A. Oggioni, G. Tartari, N. Salmaso, L. Garibaldi et al. 2008. *Protocollo per il campionamento dei parametri chimico-fisici a sostegno degli elementi biologici in ambiente lacustre*. Metodi biologici per le acque. Parte I. APAT: 17 pp. http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/metodi_bio_acque.html
- Marchetto, A., B. M. Padedda, M. A. Mariani, A. Luglie` and N. Sechi. 2009. *A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep mediterranean reservoirs*. *J. Limnol.* 68: 106–121.
- McIntyre, A.D., J.M. Elliott & D.V. Ellis. 1984. *Charter 1. Introduction: design of sampling programmes*. In: Holme N.A. & A.D. McIntyre (eds), *Methods for the study of marine benthos*. Blekwell Scientific Publications, Handbook 16: 1-26.
- Mischke, U. & B. Nixdorf, 2008. *Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie*. *Gewaesserrport (Nr. 10)*, BTUC-AR 2/2008, <http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2009/953/>.
- Morabito, G., D. Ruggiu & P. Panzani. 2002. *Recent dynamics (1995-1999) of the phytoplankton*

assemblages in Lago Maggiore as a basic tool for defining association patterns in the Italian deep lakes. J. Limnol. 61: 129-145.

- Marco, C. 1892. Studio geologico sull'Anfiteatro morenico d'Ivrea. Tip. Roux, Torino: 62 pp
- Mudroch, A. & J.M. Azcue. 1995. *Manual of aquatic sediments sampling*. Ed. Lewis Publishers, Ann Arbor, USA: 219 pp.
- Mudroch, A. & S.D. Macknight. 1994. *Handbook of techniques for aquatic sediments sampling*. Ed. Lewis Publishers, Ann Arbor, United States of America: 236 pp.
- Nõges P., S. Poikane, T. Kõiv, T. Nõges. 2010. *Effect of chlorophyll sampling design on water quality assessment in thermally stratified lakes*. Hydrobiologia, 649:157–170.
- OECD, Ed. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Paris: 213pp
- Padisak, J., G. Borics, I. Grigorszky and E. Soroczki-Pinter. 2006. *Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index*. Hydrobiologia 553: 1–14.
- Pasztaleniec, A. and M. Poniewozik, 2009. *Phytoplankton based assessment of the ecological status of four shallow lakes (Eastern Poland) according to Water Framework Directive – a comparison of approaches*. Limnologia. doi: 10.1016/j.limno.2009.07.001.
- Piovano, ing. G., 1976. *Ricerca Idrogeologica*. Relazione Tecnica 203.
- Piovano, ing. G., 1989. *Ricerche idrogeologiche nel territorio comunale di Barone Canavese*. Relazione tecnica n.887.
- Poikane, S. (ed.), 2009. *Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 2: Lakes. EUR 28838 EN/2*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Ptacnik, R., A. G. Solimini and P. Brettum. 2009. *Performance of a new phytoplankton composition metric along a eutrophication gradient in Nordic lakes*. Hydrobiologia, 633: 75–82.
- Regione Piemonte, 2004, *Piano di Tutela delle Acque*.
- Regione Sardegna, 2010. *Piano di Gestione Distretto Idrografico Sardegna*.
- Regione Sicilia, 2010. *Piano di Gestione Distretto Idrografico Sicilia*.
- Reynolds, C.S. 1984. *Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability*. Freshwat. Biol., 14: 111-142.
- Rossaro, B., A. Boggero, V. Lencioni & L. Marziali. 2011. *Indice per la valutazione della qualità ecologica dei laghi italiani basato sulla comunità bentonica*. In: Oggioni A., A. Boggero, M. Ciampittiello, A. Marchetto, G. Morabito & P. Volta (Eds), *Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi*. Report CNR-ISE, 03.11: 83-100.
- Ruse, L. 2002. *Chironomid pupal exuviae as indicators of lake status*. Archiv Hydrobiol., 153: 367-390.
- Sacco, F. 1928. Il glacialismo nella Valle d'Aosta. Min. LL.PP., Uff. Idrogr. Po, Checchini, Torino
- Sambugar, B & F. Giacomazzi. 2012. *Gli Oligocheti*. In: Lencioni, V., B. Rossaro, A. Boggero & L. Marziali (Eds), *I macroinvertebrati lacustri – morfologia, tassonomia, ecologia e biomonitoraggio*. Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 5: in prep.

- Seip, K.L. & C.S. Reynolds. 1995. *Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season*. Limnol. Oceanogr., 40(3): 589-597.
- SEPA (Swedish Environmental Protection Agency). 2007. *Lakes and watercourses. Environmental quality criteria*. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm: 104 pp.
- SNIFFER, 2008. Lake Habitat Survey in the united kingdom FIELD SURVEY GUIDANCE MANUAL. © SNIFFER 2008 (www.sniffer.org.uk).
- Sub Service S.r.l.. *Indagine magnetometrica della superficie del lago non assoggettata a bonifica da ordigni bellici*. Rapporto finale.
- UKTAG (Technical Advisory Group on the Water Framework Directive), 2008. *UKTAG lake assessment methods. Phytoplankton. Chlorophyll a and percentage nuisance Cyanobacteria*. WFD-UKTAG, Edinburgh: 9 pp.
- U.S.-Environmental Protection Agency. 1997. *Environmental Monitoring and Assessment Program Surface Waters: Field Operations Manual for Lakes*. EPA-620/R/97/001. U.S. Environmental Protection Agency Office of Water, Washington D.C.
- U.S.-Environmental Protection Agency. 1998. *Lake and Reservoir Bioassessment and Biocriteria: Technical Guidance Document*. EPA-841/B/98/007. U.S. Environmental Protection Agency Office of Water, Washington D.C.
- Zangheri, P. 1981. *Il naturalista: esploratore, raccoglitore, preparatore, imbalsamatore*. Ed. Hoepli: 508 pp.
- Zingg, A. and Hunziker J.C. 1990. The age of Movements along the Insubric Line West of Locarno (northern Italy and southern Swizerland).
- Winkler, L.W. 1888. *The determination of dissolved oxygen in water*. Berlin. Deut. Chem. Ges., 21: 2843 pp.
- Wolfram, G. and M. T. Dokulil. 2009. *Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente, Seen. Teil B2-01d – Phytoplankton. Handbuch des BMLFUW & des BAW*, Wien: 48 pp. (<http://wasser.lebensministerium.at/article/articleview/52972/1/5659/>).