



# LA RETE ITALIANA PER LA RICERCA ECOLOGICA A LUNGO TERMINE (LTER-ITALIA)

SITUAZIONE E PROSPETTIVE  
DOPO UN QUINQUENNIO DI ATTIVITÀ (2006–2011)

*a cura di*  
Roberto Bertoni





Il Comitato di Coordinamento di LTER-Italia, eletto nel 2010, che ha promosso la redazione di questo volume è costituito da:

Alessandra Pugnetti, *Coordinatore* (CNR ISMAR, Venezia)

Roberto Bertoni, *Vice Coordinatore* (CNR ISE, Verbania)

Michele Freppaz, (Univ. di Torino)

Franco Mason, (CFS CNBF, Verona)

Mariangela Ravaioli, (CNR ISMAR, Bologna)

Gianpaolo Rossetti, (Univ. di Parma)

Adriana Zingone, (Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli)

Segreteria: Claudia Cindolo e Cristiana Cocciufa (CFS CONECOFOR, Roma),

Giorgio Matteucci (CNR ISAFOM, Cosenza)



**La rete italiana  
per la ricerca ecologica  
a lungo termine (LTER–Italia)**

Situazione e prospettive  
dopo un quinquennio di attività (2006–2011)

*A cura di*  
Roberto Bertoni



## Indice

Prefazione.....	9
Preface.....	11
Parte I La Ricerca Ecologica a Lungo Termine.....	13
Le ragioni della ricerca ecologica a lungo termine.....	15
La storia e la struttura della rete LTER Italia.....	19
Infrastruttura Spaziale di Dati nei siti LTER.....	23
Introduzione alle SDI.....	23
I GeoServizi.....	25
Servizi implementati nella rete LTER Italia.....	28
Parte II I siti italiani della Ricerca Ecologica a Lungo Termine.....	33
1. Appennini: ecosistemi d’alta quota.....	35
1.1. Appennino centro-meridionale: Majella-Matese.....	36
1.2. Appennino centrale: Velino-Duchessa.....	38
1.3. Appennino Centrale: Gran Sasso d’Italia.....	41
1.4. Appennino Settentrionale: App. Tosco-Emiliano.....	43
2. Ambienti d’alta quota, Alpi Nord Occidentali.....	47
2.1. Istituto Scientifico Angelo Mosso.....	48
2.2. Mont Mars.....	50
2.3. Mont Avic.....	52
2.4. Cime Bianche.....	54
2.5. Tellinod.....	55
2.6. Tronchaney.....	57
3 Foreste delle Alpi.....	61
3.1. LOM1 Val Masino.....	62
3.2. BOL1 Renon.....	63
3.3. TRE1 Passo Lavazè.....	65
3.4. FRI2 Tarvisio.....	68
3.5. Riserva della Valbona.....	69
4 Foreste degli Appennini.....	73
4.1. Collelongo - Selva Piana.....	74

4.2. Piano Limina .....	77
4.3. Montagna di Torricchio .....	78
5 Foreste Mediterranee .....	83
5.1. LAZ1 Monte Rufeno .....	84
5.2. TOS1 Colognole .....	85
5.3. SIC1 Ficuzza .....	87
6. Bosco Fontana .....	91
7. Tenuta di Castelporziano .....	95
8. Dune sabbiose costiere dell'Italia centrale .....	99
8.1. Monumento Naturale Palude di Torre Flavia .....	100
8.2. Foce Trigno-Marina di Petacciato .....	103
9. Isola di Pianosa .....	109
10. Laghi Sudalpini .....	113
10.1. Lago di Candia .....	114
10.2. Lago d'Orta .....	116
10.3. Lago Maggiore .....	118
10.4. Lago di Garda .....	121
10.5. Lago di Como .....	124
11. Laghi di montagna .....	129
11.1. Lago Santo Parmense e Lago Scuro Parmense .....	130
11.2. Lago Paione Inferiore e Lago Paione Superiore.....	132
11.3. Lago di Tovel .....	134
11.4. Lago di Anterselva, Lago di Braies e Lago Piccolo di Monticolo .....	136
12. Ecosistemi Lacustri della Sardegna .....	143
12.1. Lago Bidighinzu .....	144
12.2. Lago Cedrino .....	145
12.3. Lago Cuga .....	147
12.4. Lago Monte Lerno .....	148
12.5. Lago Sos Canales .....	150
12.6. Lago Temo.....	152
13. Lago Trasimeno .....	155
14. Laghi Himalaiani .....	159
15. Delta del Po .....	163
15.1. Sacca di Goro .....	163
15.2. Valli di Comacchio .....	165
16. Laguna di Venezia .....	169

17. Mar Piccolo di Taranto .....	173
18. Alto Adriatico .....	177
18.1. Golfo di Venezia e Trieste .....	178
18.2. Golfo di Trieste .....	180
18.3. Delta del Po e costa romagnola.....	182
18.4. Transetto Senigallia-Susak.....	184
19. Golfo di Napoli .....	189
19.1. MareChiara.....	190
19.2. Lacco Ameno (Ischia): Prateria a Posidonia oceanica.....	193
20. Ecosistemi marini della Sardegna.....	197
20.1. Golfo dell'Asinara.....	198
20.2. Golfo di Olbia .....	199
20.3. Laguna di Cabras .....	201
20.4. Laguna di S'Ena Arrubia .....	204
20.5. Laguna di Santa Giusta .....	205
21. Area Marina Protetta di Portofino.....	209
22. Stazioni di Ricerca in Antartide .....	213
22.1. Mooring A.....	214
22.2. Mooring B.....	216
22.3. Mooring D.....	218
22.4. Mooring H.....	220
22.5. Baia Terra Nova (BTN) .....	222
Riconoscimenti.....	227

Nota:

i riferimenti URL sono riportati omettendo l'espressione <http://>

Le viste satellitari dei Siti sono rielaborazioni di Alessandro Oggioni del materiale presente nel GeoPortale di LTER Italia.



## Prefazione

In Italia, come in molti altri Paesi, esistono fin dall'inizio del secolo scorso Enti che istituzionalmente svolgono ricerca ecologica e, parallelamente, raccolgono dati ambientali. In tempi più recenti nuovi Enti sono stati creati per assicurare un'efficace sorveglianza ambientale del Paese, in ottemperanza alle normative europee e nazionali.

In accordo con quanto è avvenuto a livello Europeo e mondiale, la Rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia) è nata per raggruppare gli scienziati e gli Enti italiani che, svolgendo attività di ricerca sulla struttura e sul funzionamento degli ecosistemi acquatici e terrestri, hanno incluso nei loro programmi le osservazioni a lungo termine dei processi ecologici e delle variabili chiave che li controllano.

La Rete LTER-Italia è una Rete di siti, terrestri d'acqua dolce e marini, sui quali sono disponibili informazioni, studi e osservazioni ecologiche su scala pluridecadale. In questi siti LTER le osservazioni e le ricerche ecologiche continuano a venire svolte con una buona garanzia di continuità e con rigore scientifico. Si tratta di un vero e proprio patrimonio di conoscenze e di esperienze che viene mantenuto e salvaguardato, nonostante difficoltà istituzionali e carenze di un sostegno economico mirato.

LTER-Italia promuove la collaborazione tra i suoi membri, incoraggiando le attività interdisciplinari, la ricerca trasversale agli ecosistemi, la valorizzazione di dati ecologici di interesse storico, la cui estensione temporale è, in alcuni siti e per alcune osservazioni, secolare. In questo senso la Rete rappresenta una piattaforma comune di ricerca ecologica, che rende possibile il confronto dei risultati e l'immagazzinamento dei dati generati, così da costituire un patrimonio di informazioni e osservazioni accessibile e fruibile per le generazioni future.

La Rete LTER-Italia può essere l'ambito dove unire e coordinare le forze per gestire le risorse finanziarie e le infrastrutture per la ricerca ecologica e per la formazione delle risorse umane, così da poter af-

frontare in modo più efficace domande e problemi ecologici a livello regionale, nazionale e globale. In questo modo essa può anche contribuire a generare e diffondere una corretta informazione ambientale, indirizzata alle varie istituzioni del Paese, così da contribuire al miglioramento delle politiche ambientali per la gestione, l'uso, la conservazione e il ripristino delle risorse e dei servizi forniti dagli ecosistemi acquatici e terrestri.

La Rete può, infine, promuovere una partecipazione più attiva e coordinata dell'Italia ai programmi scientifici nazionali e internazionali indirizzati ai temi ambientali.

Nei suoi primi cinque anni di vita (2006-2011) la Rete LTER-Italia ha fatto alcuni passi verso il conseguimento degli obiettivi sopra elencati. Il cammino è iniziato con la costruzione di una struttura che è andata progredendo rapidamente: attualmente la Rete è costituita da 22 siti di ricerca ecologica, distribuiti su tutto il territorio nazionale e che rappresentano le principali tipologie di ecosistemi del nostro Paese. Alcuni di questi sono “siti complessi”, costituiti cioè da più siti di ricerca, gestiti da diverse istituzioni.

LTER-Italia è nata dalla passione e dalla tenacia di molti ricercatori, appartenenti alle principali istituzioni di ricerca e monitoraggio ecologico del nostro Paese. Il patrimonio di informazioni e attività che si cerca di rendere disponibile, salvaguardare e mantenere è degno di grande considerazione e attenzione, anche perché ci aiuta a conoscere meglio e a rispettare la complessità e la bellezza del territorio nel quale viviamo e dal quale dipendiamo.

Questo libro si propone di illustrare la storia e la struttura attuale della Rete LTER-Italia, così da evidenziare ai membri della Rete stessa e agli osservatori esterni quello che si è fatto fino ad oggi e quello che ancora resta da fare per costruire una Rete LTER italiana sempre più efficace e utile per il Paese.

*Roberto Bertoni (CNR ISE, Verbania) e Alessandra Pugnetti (CNR ISMAR, Venezia)*

## Preface

Since the beginning of the last century, in Italy as in many other Countries, institutions have been founded to develop ecological research. Among other advantages, this also meant in many cases the beginning of a regular collection of environmental data. In more recent times, new institutions were created to ensure the effective monitoring of the environment at a national level, in compliance with European and national regulations.

In this context, and in tune with European and global trends, the Italian network for Long-Term Ecosystem Research (LTER-Italy) was created to bring together scientists and Italian institutions carrying out research on the structure and functioning of ecosystems, in a frame of long-term observation of ecological processes and of key variables influencing them.

As the name suggests, the LTER-Italy is a network of terrestrial, freshwater and marine ecosystems for which decades of ecological data are available. Within the network ecological research is conducted to ensure the continuity of the long-term data acquisition and satisfy the requirements of high scientific quality. In this way, a wealth of knowledge is built up and maintained, despite institutional difficulties and shortages of financial support specifically addressed to long-term ecological research.

LTER-Italy promotes the collaboration among its members, encouraging interdisciplinary activities, cross-ecosystem research, and the enhancement of ecological data of historical interest, offering, for some sites and some variables, a century-long archive. In this way, the network becomes a tool for ecological research open to all, which makes the comparison of results and the storage of standardized data possible. Thus, the vast collection of knowledge and observations gathered will be accessible and usable for future generations.

The LTER-Italy network may also be the place where to coordinate the management of financial resources, the infrastructure for ecological research, and the training of human resources to respond

more effectively to ecological issues at a regional, national and global scale. The LTER-Italy network is also able to contribute to disseminate scientifically sound environmental information to public administrations, improving environmental policies for the management, use, conservation and restoration of the resources and services provided by aquatic and terrestrial ecosystems.

The network may eventually promote a more active and concerted participation of Italy in the national and international scientific programs concerned with environmental issues.

In its first five years of life (2006-2011), LTER-Italy has moved in the direction of the objectives listed above. This effort began with the construction of a stable structure, which is rapidly progressing: the network currently consists of 22 LTER sites, which include the main ecosystem typologies and are distributed throughout the Country and abroad. Some of these are "complex sites", consisting of several research sites managed by different institutions.

LTER-Italy was born from the passion and tenacity of many researchers coming from the main institutions devoted to ecological research and monitoring in our Country. The plethora of information and activities that the network aim to make available, preserve and maintain is worthy of great consideration and attention, since it helps us to better understand and care for the complexity and beauty of the area in which we live and on which we depend.

This book illustrates the history and the current structure of LTER-Italy, highlighting to the very members of the network and to outside observers what has been done so far and what still remains to be done in order to build an increasingly effective and useful Italian LTER network.

*Roberto Bertoni (CNR ISE, Verbania) and Alessandra Pugnetti (CNR ISMAR, Venice)*

Parte I  
**La Ricerca Ecologica a Lungo Termine**



## Le ragioni della ricerca ecologica a lungo termine

*R. Bertoni (CNR ISE), C. Cindolo (CFS CONECOFOR), C. Cocciufa (CFS CONECOFOR), M. Freppaz (Univ. di Torino), F. Mason (CFS CNBF), G. Matteucci (CNR ISAFOM), A. Puggnetti (CNR ISMAR), M. Ravaioli (CNR ISMAR), G. Rossetti (Univ. di Parma), A. Zingone (SZN).*

L'ecologia è una disciplina scientifica che indaga realtà intrinsecamente complesse: numerosi fattori abiotici e biologici interagiscono in modo dinamico nei processi che interessano gli ecosistemi, siano essi in condizioni naturali o soggetti a diversi gradi di pressione antropica.

Diverse sono le scale spaziali e temporali alle quali avvengono i processi ecologici, ed è di fondamentale importanza che quelle appropriate vengano prese in considerazione per poter cogliere le relazioni tra le diverse componenti e i trend evolutivi degli ecosistemi.

L'integrazione di discipline diverse che indagano fattori biotici e abiotici su diverse scale temporali consente una lettura olistica di fenomeni che si verificano a livello locale e planetario, e che comportano effetti quali, ad esempio, la diminuzione di produttività degli ecosistemi legata ai cambiamenti climatici, o ancora l'erosione della biodiversità e le conseguenze sui processi ecosistemici ad essa connessi.

Le ricerche ecologiche di lungo termine sono quelle che considerano un intervallo temporale da decadale a multidecadale (Fig. 1). In termini di percezione umana, si tratta della scala temporale che comprende diverse generazioni e che permette, perciò, di evidenziare le nostre responsabilità dirette nei confronti del destino del Pianeta. Questo approccio di ricerca - che può e deve attingere e coordinarsi sia con studi paleoecologici sia con studi modellistici per la definizione di scenari futuri - ha una sua specificità e un suo valore significativi nel tempo attuale, potendo fornire indicazioni importanti per le scelte che

l'uomo opera nei confronti degli ecosistemi da cui il suo benessere e la sua stessa sopravvivenza dipendono strettamente.

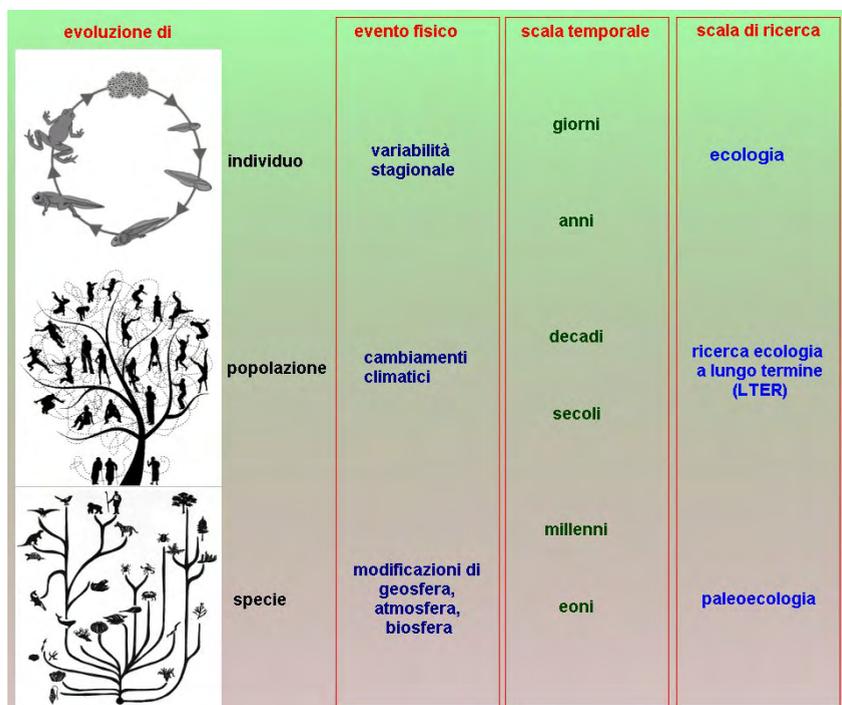


Fig. 1. Scale temporali della ricerca ecologica

Le ricerche ecologiche di lungo termine sono considerate la base scientifica di riferimento per distinguere processi ecologici naturali, che si manifestano su lunghi intervalli temporali, da quelli determinati dall'impatto di attività antropiche, a scala globale (quali il cambiamento climatico) o locale. La disponibilità di lunghe serie di dati ecologici consente inoltre di valutare l'efficacia delle azioni di recupero di ambienti che abbiano subito alterazioni quali, ad esempio, l'eutrofizzazione, l'introduzione di specie alloctone e la contaminazione del suolo, diventando strumento sia di pianificazione sia di verifica nella gestione delle risorse e del territorio, con tutte le possibili conseguenti ricadute di carattere socioeconomico. La ricerca ecologica a lungo termine permette anche di cogliere o interpretare eventi inusuali o anomali (ad esempio, condizioni meteo-climatiche eccezionali,

infestazioni da insetti, ecc.), che in alcuni casi si rivelano particolarmente critici e in grado di condizionare fortemente i processi ecologici.

Al contrario, indagini ecologiche a breve termine possono produrre risultati fuorvianti nell'interpretazione del funzionamento degli ecosistemi. Numerose ricerche hanno evidenziato la limitatezza delle osservazioni a breve termine che, anche se condotte in modo corretto, riescono a fornire un'istantanea dei processi in atto ma difficilmente permettono di trarre conclusioni circa il comportamento degli ecosistemi a scale temporali più lunghe.

Nonostante la loro importanza strategica, gli studi ecologici a lungo termine sono notevolmente meno diffusi rispetto a quelli di breve durata; ciò deriva soprattutto dalla difficoltà di reperire finanziamenti che consentano il proseguimento dell'attività di ricerca su orizzonti di medio-lungo termine. A questo spesso si aggiunge che la pressione sui ricercatori per ottenere e pubblicare con rapidità i risultati degli studi è spesso incompatibile con le osservazioni ecologiche a lungo termine; la ricerca a lungo termine non è lo strumento migliore per costruire un solido curriculum che richiede un'adeguata frequenza nella produzione scientifica.

Il patrimonio di dati ecologici raccolti nel passato è molto spesso il risultato della passione e della dedizione di singoli ricercatori; in anni più recenti le serie ecologiche a disposizione sono il risultato di osservazioni e ricerche finanziate nell'ambito di vari progetti, che si sono susseguiti nel tempo, di volta in volta con obiettivi diversi, e sono perciò caratterizzate da un grado più o meno elevato, ma quasi sempre presente, di discontinuità.

Oltre alla scelta di scale di osservazione adeguate a cogliere i processi in atto, gli studi ecologici a lungo termine richiedono un approccio di indagine fortemente interdisciplinare e implicano l'individuazione di aree significative in diverse tipologie di ecosistemi. Vi è poi la necessità di utilizzare metodiche osservative che garantiscano la qualità dei dati raccolti e la loro confrontabilità con dati provenienti da altri siti, e di applicare procedure analitiche che permettano di trasformare i dati in conoscenza e capacità di prevedere l'evoluzione dei sistemi naturali.

I siti dedicati alla ricerca ecologica a lungo termine e la loro organizzazione in reti tentano di dare una risposta a queste esigenze. Permettono, infatti, a ricercatori afferenti a discipline differenti di lavorare nelle stesse aree o di svolgere ricerche comuni in siti diversi, facilitando l'integrazione delle informazioni per comprendere, descrivere e prevedere i cambiamenti e garantire le risorse ambientali in una prospettiva di sostenibilità. I dati e le conoscenze ottenuti in questi studi possono essere gestiti in maniera razionale e in genere resi disponibili a ricercatori, amministratori e decisori politici che ne fanno richiesta. Questo approccio è alla base del primo programma LTER (Long Term Ecosystem Research), avviato nel 1980 negli Stati Uniti su proposta della National Science Foundation, proprio per promuovere la ricerca ecologica di lungo termine. Negli anni seguenti, grazie a questa iniziativa, è iniziato un cammino che ha portato alla nascita di numerose reti LTER nazionali e alla costituzione delle reti LTER Europea (LTER-Europe) e internazionale (LTER International). Le reti LTER spesso nascono dall'interazione e dall'ampliamento di altre reti già esistenti, quali ad esempio la Rete Natura 2000, il network GLORIA (GLobal Observation Research Initiative in Alpine environments), le reti ICP (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring Effects of Air Pollution).

Le reti LTER presentano necessariamente forti connessioni con varie infrastrutture, iniziative e progetti internazionali che studiano la biodiversità e i cambiamenti climatici, (ad esempio LifeWatch, ENES, GEOSS), ma anche con iniziative e progetti (come SEIS e GMES) che forniscono servizi per la gestione ambientale.

Va rilevato con forza che l'innovazione delle reti LTER consiste nell'individuare siti di ricerca, sui quali mantenere le osservazioni e le ricerche ecologiche a lungo termine, anche nell'ottica di lasciare un'eredità e passare il testimone fra le generazioni. Le reti LTER, cioè, non si propongono soltanto il mantenimento routinario di osservazioni e misure, ma focalizzano l'attenzione su siti significativi che funzionino come "sensori" del cambiamento delle condizioni ecologiche a livello locale, regionale o globale. I siti di ricerca di lungo termine diventano pertanto luoghi di studio e di impulso per nuove indagini scientifiche, oltre che di acquisizione di serie di dati ecologici. In particolare, le osservazioni a lungo termine stimolano domande e ipo-

tesi di ricerca che possono essere approfondite e verificate da ricerche “mirate” di breve termine (ad esempio, esperimenti di laboratorio o manipolazioni in mesocosmi). Inoltre, proprio nei siti LTER, la tecnologia e la modellistica possono trarre il massimo beneficio nel coniugarsi con osservazioni ecologiche in situ che, in molti casi, sono basate su metodologie più tradizionali.

## **La storia e la struttura della rete LTER Italia**

Per molti decenni, diverse istituzioni italiane si sono impegnate per raccogliere informazioni regolari su variabili ambientali e biologiche in siti di interesse. In alcuni casi queste attività rientravano fra i rispettivi compiti istituzionali, come ad esempio nel caso del Corpo Forestale dello Stato (CFS). In altri casi tali osservazioni erano condotte da enti di ricerca (ad esempio varie Università, il Consiglio Nazionale delle Ricerche e la Stazione Zoologica di Napoli) parallelamente - e con utilizzo di risorse umane ed economiche - ad altre attività di ricerca più propriamente legate alla natura e alla missione degli enti stessi.

Questo grande patrimonio d'informazioni non aveva però la dovuta visibilità e, in molti casi, i dati non erano facilmente accessibili. Alla fine degli anni '90 nasce l'idea di costituire una Rete LTER in Italia, con l'obiettivo di analizzare e valutare, con una visione di insieme, i cambiamenti che avvengono negli ecosistemi nel nostro paese. L'iniziativa è fortemente sostenuta dalla comunità degli ecologi in due congressi, quello della Società Italiana di Ecologia (VII Congresso, svoltosi a Napoli nel 1996) e quello della Società Internazionale di Ecologia (VII Congresso, tenutosi a Firenze nel 1998). Le discussioni avviate in questo contesto si concretizzano nella costituzione di un “Gruppo Promotore LTER” (formato da ricercatori del Consiglio Nazionale delle Ricerche e delle Università, da coordinatori di iniziative di monitoraggio ecologico, come il CFS, e da rappresentanti della Società Italiana di Ecologia) che si attiva per la raccolta di adesioni all'iniziativa da parte di singoli ricercatori, unità di ricerca, direttori di Enti ed Istituti, e del patrocinio di importanti Società Scientifiche (Società Botanica Italiana, Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia

Forestale, Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia, Società Italiana di Biologia Marina).

La Rete LTER-Italia riesce a consolidarsi nel 2004, quando la rete di eccellenza europea ALTER-Net (A Long-Term Biodiversity, Ecosystem and Awareness Research Network) fornisce, anche all'Italia, il contesto istituzionale appropriato. È il CFS, unico membro italiano di ALTER-Net, che coglie l'occasione per coordinare e portare a compimento con successo il processo di nascita della rete, con la collaborazione delle principali istituzioni di ricerca nazionali.

Nel 2006, dopo un percorso durato quasi dieci anni, viene quindi a costituirsi la Rete di Ricerche Ecologiche a Lungo Termine "LTER-Italia" ([www.lteritalia.it](http://www.lteritalia.it)) e il nostro Paese è entrato far parte della rete LTER europea e internazionale.

Dopo la fase di coordinamento della rete svolta dal CFS (2006-2010), dal 2010 il coordinamento è stato affidato al Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine (CNR-ISMAR).

La Rete LTER-Italia recepisce gli obiettivi generali del programma LTER internazionale e si propone di promuovere:

- la ricerca ecologica comparativa a lungo termine, in ambienti terrestri, di acque interne e marini;
- lo sviluppo di tecnologie di supporto alla ricerca ecologica;
- la gestione e diffusione dei dati e delle conoscenze ecologiche;
- lo sviluppo di programmi educativi di base ed avanzati;
- i rapporti con le reti LTER-Europe e LTER-International;
- progetti di ricerca integrati a livello nazionale e internazionale.

In particolare, a livello nazionale la Rete LTER-Italia ha l'obiettivo di:

- istituire e coordinare una rete nazionale integrata di osservatori per la ricerca ecologica a lungo termine;
- favorire lo scambio di ricercatori e lo sviluppo di ricerche comparative a livello nazionale ed internazionale;
- favorire l'impiego, lo sviluppo e la condivisione di protocolli, di tecnologie adeguate e armonizzate, per l'analisi di sistemi ecologici;

- promuovere lo sviluppo di una rete informatica per la diffusione e la gestione dell'informazione di carattere ecologico sui siti (banche dati su internet a libero accesso, connessione con altre reti di monitoraggio ambientali, ecc.);
- sostenere lo sviluppo di programmi educativi di base e avanzati a carattere ecologico (scambio studenti, formazione permanente);
- creare i presupposti per una maggiore integrazione degli studi di lungo termine con le scienze di base e i settori dell'innovazione;
- proporsi come ponte tra ricercatori, cittadini, utilizzatori e decisori politici.

Attualmente la rete LTER-Italia è costituita da 22 aree di osservazione, i siti LTER, dove viene svolta la ricerca ecologica a lungo termine; alcune di essi includono diverse siti di ricerca. Le aree sono state selezionate attraverso un attento esame da parte di una commissione internazionale di revisori esterni, e sono sotto la responsabilità e la gestione di Enti Pubblici di Ricerca e Università. La Rete è una struttura aperta e in evoluzione, che, attraverso il proprio Comitato di Coordinamento, periodicamente può accogliere nuovi siti e verifica la congruità dei siti esistenti con gli obiettivi LTER.

I criteri, accettati e condivisi, per l'inclusione di un sito di ricerca ecologica nella rete sono i seguenti:

- disponibilità di serie continue di dati (almeno 10 anni) e attività in corso;
- esistenza di ricerca ecologica strutturata e con risultati elaborati e pubblicati (good science);
- ragionevole sicurezza di disponibilità di adeguate risorse finanziarie (per almeno 3-5 anni) e prospettive di mantenimento del sito nel lungo termine;
- capacità di buona divulgazione dei risultati, anche a un pubblico non specializzato;
- attivazione recente del sito ma con prospettive di ricerca a lungo termine e con attività di ricerca su temi strategici (cambiamenti climatici, acidificazione, sequestro del carbonio, biodiversità, ecc.).

La struttura organizzativa di LTER-Italia, secondo lo Statuto disponibile sul sito web ([www.lteritalia.it](http://www.lteritalia.it)), consta dell'Assemblea dei

Responsabili dei Siti, con un Coordinatore e un Comitato di Coordinamento che vengono eletti ogni due anni e possono restare in carica per due elezioni successive.

Nei capitoli successivi sono presentati i 22 siti che attualmente costituiscono la rete LTER-Italia. Alla rete appartengono siti terrestri, di acque interne, di transizione e marini, che coprono le principali tipologie di ecosistemi del nostro territorio. Sono inclusi nella rete anche due siti extraterritoriali (“Laghi Himalayani” e “Stazioni di Ricerca in Antartide”), gestiti da istituzioni nazionali. Moltissimi sono i ricercatori, le istituzioni e gli enti - di ricerca e di monitoraggio - coinvolti nella responsabilità, nella gestione e nelle ricerche dei siti. In tutti i siti sono condotte ricerche fondamentali per la comprensione della struttura, dei processi e dell’evoluzione degli ecosistemi e per valutare quanto i cambiamenti in atto possano portare a modifiche del funzionamento e dei servizi degli ecosistemi.

La struttura con la quale LTER-Italia si presenta oggi, dopo questi primi cinque anni (2006-2011) di avvio, è stato frutto della dedizione e della tenacia di moltissimi ricercatori e delle loro istituzioni, in assenza di finanziamenti dedicati alla costruzione della Rete stessa. La possibilità che il lavoro che viene svolto nei siti e nella Rete diventi un vero e proprio patrimonio nazionale, utile per il progresso delle teorie ecologiche e per il miglioramento della gestione dell’ambiente, è la sfida che ci attende nei prossimi anni.

## Infrastruttura Spaziale di Dati nei siti LTER. Interoperabilità, archiviazione, condivisione, metadatazione

A. Oggioni (CNR IREA), D. Manca (CNR ISE), T. Kliment (CNR ISMAR e IREA), M. Bastianini (CNR ISMAR)

### Introduzione alle SDI

Una delle prime definizioni di Infrastruttura Spaziale di Dati (Spatial Data Infrastructure - SDI) è stata fornita da McLaughlin (1991), che indica una SDI come: “... *l'insieme di tecnologie, metodi, politiche e accordi istituzionali atti a facilitare l'omogeneità, la disponibilità e l'accesso ai dati geospaziali; la parola infrastruttura è usata per trasmettere il concetto di un ambiente di supporto affidabile, in analogia alle reti stradali o al traffico nelle telecomunicazioni ...*”. Più recentemente Nerbert (2009) nel suo "Cookbook" aggiunge che la SDI “... *fornisce una base per la scoperta di dati spaziali, la valutazione e l'applicazione per gli utenti e i fornitori in tutti i livelli di governo ...*”. Tuttavia, il senso di tutte queste definizioni si riduce al fatto che l'insieme dei dati territoriali, degli utenti e degli strumenti che sono collegati in modo interattivo al fine di utilizzare i dati spaziali in modo efficiente e flessibile, costituiscono una SDI.

L'interoperabilità è il concetto chiave in questo tipo di infrastrutture. È definita come la possibilità di ricercare da varie fonti i dati, combinarli in modo che questi risultino coerenti, sia dal punto di vista spaziale che temporale. L'idea di una SDI è quella di ottenere interoperabilità a tutti i livelli dell'infrastruttura.

A livello della Comunità Europea numerose iniziative sono state intraprese per realizzare infrastrutture per i dati spaziali. L'impulso

più importante è stato introdotto con l'emanazione della Direttiva INSPIRE (INfrastructure of SPatial InfoRmation in Europe - 2007/2/CE) da parte della Commissione Europea. INSPIRE, giacché legge comunitaria, obbliga tutti gli Stati membri ad adottare misure per la creazione di servizi che permettano la condivisione dei dati territoriali tra tutte le autorità pubbliche; con l'obiettivo di ottenere che le future politiche ambientali possano contare su una quantità più elevata di informazioni e quindi risultare più efficaci. Altre direttive supportano la direttiva INSPIRE, imponendo alle autorità pubbliche di rilasciare i propri dati quando richiesto (Environmental Information Directive - 2003/4/EC), e di facilitare il loro riuso (Public Sector Information Directive - 2003/98/EC).

La legislazione Europea è quindi concorde al fatto che tutti i dati territoriali, cioè quelli che “... *attengono ad una località o un'area geografica specifica ...*”, “... *detenuti da o per conto di una autorità pubblica ...*” siano “... *archiviati, resi disponibili e conservati ad un livello più idoneo ...*”. Questi obblighi non si applicano automaticamente ai grandi volumi di dati prodotti e conservati da Enti o Istituzioni di Ricerca, che non hanno alcun ruolo formale nel governo o nella pubblica amministrazione. E' pur vero però che molti di questi dati sono stati raccolti in ambito di programmi di ricerca finanziati dalla Comunità Europea, con l'intento di migliorare le conoscenze ambientali e poter dare un indirizzo alle future legislazioni.

Al di là dell'inquadramento legislativo, ora, l'organizzazione di questi dati è frammentata, di qualità incerta e quindi problematica da combinare in modo coerente. Poter confrontare dati provenienti da fonti diverse diventa così una sfida e un'opportunità (AA.VV., 2010). Le unità di misura possono essere diverse per la stessa variabile misurata, o gli stessi parametri possono essere misurati con metodi diversi. Le sinonimie, la duplicazione di nomi di specie, la suddivisione in forme o in gruppi funzionali, sono un valore aggiunto ma la mancanza di liste controllate complica il confronto e il reale utilizzo. Gli studi multidisciplinari sono applicabili a piccole collezioni di dati o con sforzi di armonizzazione dei dati stessi: le variabili fisiche e dati biologici raccolti durante una campagna di misura sono elaborati da gruppi diversi e conservati in archivi diversi e comunque spesso non concordano nel loro modello dei dati.

In questo contesto le reti LTER sono considerate un banco di prova importante per individuare modi efficaci per ricercare, accedere, integrare, conservare in maniera accurata e analizzare una vasta gamma e grandi volumi di informazioni di dati pertinenti per l'ambito ecologico (Reichman *et al.*, 2010; Michener *et al.*, 2011). La rete LTER italiana, europea e internazionale, ha da parte sua l'esigenza di iniziare un confronto che sia *cross-site* e *cross-domain* permettendo così di fornire un valore aggiunto ai dati a lungo termine. Ciò dovrà avvenire utilizzando al meglio le potenzialità delle SDI (Peterseil *et al.*, 2010).

## **I GeoServizi**

Genericamente nell'ambito della rete internet tutti i metodi di comunicazione tra due dispositivi elettronici vengono definiti come servizi web. Questi servizi possono essere meglio definiti come applicazioni web, indipendenti, auto-descrittive e modulari che possono essere pubblicate, localizzate e invocate in tutto il web (International Business Machines Corp IBM, 2007). Una volta che un servizio Web è impostato, altre applicazioni e altri servizi Web possono individuare e di seguito richiamare il servizio stesso.

Nel contesto delle SDI i servizi web vengono usati per gestire, analizzare e distribuire dati territoriali e pertanto sono stati battezzati Geospatial Web Services o GeoServizi (Zhao *et al.*, 2007) e vengono prodotti dall'Open Geospatial Consortium (OGC). I servizi geospaziali così mettono in comunicazione i dispositivi elettronici attraverso la rete internet, condividendo i dati spaziali in essi contenuti.

In una SDI tradizionale ci sono 3 tipi di GeoServizi. Il primo è il servizio di Discovery, che è pensato per il rinvenimento di risorse, attraverso la consultazione di un catalogo on-line contenente metadati dei dati, per l'individuazione di questi ultimi, ma anche dei servizi stessi. Il secondo tipo è relativo ai servizi di condivisione dei dati - Access and Download - che consentono l'accesso standardizzato alle informazioni geospaziali, siano essi dati osservativi o mappe. Infine sono presenti i servizi di trasformazione, fusione e sovrapposizione dei dati distribuiti dai servizi di accesso. In questo modo tutti i dati e i metadati divengono interoperabili con altre SDI.

Oltre a questa suddivisione è possibile ripartire i GeoServizi in 3 differenti tipi a seconda che si parli di standard per i dati, per le interfacce di accesso ai dati o ai metadati (Zhao *et al.*, 2007). A livello di dati, gli standard permettono di specificare la formattazione dei dati in modo che possano essere utilizzati nelle comunicazioni tra i diversi servizi web. A livello di accesso ai dati, gli standard definiscono le interfacce comuni in modo che utenti terzi possano visualizzare e scaricare i dati. Al livello dei metadati gli standard definiscono raccolte di elementi che permettono di descrivere i dati e i servizi stessi.

Nella realizzazione di standard, che siano rilevanti per le infrastrutture spaziali di dati, numerose sono le iniziative attive con ruoli e responsabilità diverse. Le principali organizzazioni sono: l'Open Geospatial Consortium OGC, l'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione ISO, World Wide Web Consortium W3C e naturalmente le istituzioni di normalizzazione nazionali. In questo quadro così diversificato comunque l'OGC è l'organismo che fornisce le principali specifiche di standardizzazione dei servizi utili ai dati geospaziali. L'OGC è un'organizzazione no-profit fondata nel 1994, composta da 440 aziende, agenzie governative e università consorziate per sviluppare standard, disponibili al pubblico, per affrontare la mancanza di interoperabilità tra i sistemi che trattano dati georeferenziati. La tabella 2.2.1 elenca i principali servizi di accesso ai dati e ai metadati, di seguito, in tabella 2.2.2 i principali servizi di processamento ad oggi definiti da OGC.

Nonostante questo grande numero di GeoServizi standard, quelli effettivamente utili alla condivisione di dati presenti in ambito alla comunità LTER Italiana sono molto pochi. La scelta per l'utilizzo di un servizio geografico di accesso e condivisione, si basa su un'accurata analisi della tipologia dei dati in proprio possesso e di un'attenta scelta di quelli che si voglio condividere.

Occorre infine specificare che gli standard qui elencati, sono solo alcuni di quelli attualmente utilizzati dalla comunità scientifica, gli autori si sono affidati alle metodologie di condivisione e accesso indicate dall'OGC in quanto: sono gli standard scelti dagli organi nazionali e europei che sovrintendono alla implementazione della direttiva INSPIRE e dalle iniziative internazionali quali SEIS (Shared Environmental Information System) e GMES (Global Monitoring for Envi-

ronment and Security); sono anche gli standard più diffusi a livello globale e vengono utilizzati in ambito GEO (Group on Earth Observations) e GEOSS (Global Earth Observation System of Systems); infine non necessitano la creazione di un repository unico ma sono pensati per l'utilizzo di dati geospaziali diffusi e distribuiti.

L'utilizzo dei geoservizi e l'architettura della SDI permettono quindi di utilizzare il proprio computer per accedere a dati geospaziali condivisi, ottenendo una più profonda comprensione dell'ambito di ricerca (Fig. 2.).

Tab. 1. Servizi standard di accesso a dati e metadati definiti in ambito OCG.

Nome	Descrizione	Versione
Web Map Service (WMS)	Offre una semplice interfaccia per la richiesta di mappe registrate da uno o più servizi geospaziali distribuiti, restituendole in forma di immagini.	Version 1.3.0
Style Layer Descriptor (SLD)	Estende lo standard WMS definendo stili, simboli e colori della immagine, ottenendo una rappresentazione visiva dei dati geospaziali e realizzando una legenda consona alle esigenze dell'utente.	Version 1.0, 1.1
Web Feature Service (WFS)	Offre una interfaccia standard per la modifica e le operazioni sulle features geografiche, restituendo mappe in forma vettoriale.	Version 1.1.0, 2.0 (also ISO 19142)
Web Coverage Service (WCS)	Definisce un'interfaccia standard e le operazioni che consente l'accesso interoperabile di geospaziali "coperture". Usato solitamente per distribuire mappe di tipo raster.	Version 2.0, 1.0.0, 1.1.2
SWE Common Data Model (OGC SWE framework)	Definisce il modello dei dati per lo scambio, tra i nodi del OGC® Sensor Web Enablement (SWE) framework, di osservazioni raccolte da sensori.	Version 2.0
Sensor Model Language (SensorML)	Specifica modelli e codifica XML delle caratteristiche tecniche di sensori o di sistemi di sensori.	Version 1.0.0
Sensor Planning Service (SPS)	Defines interfaces for queries that provide information about the capabilities of a sensor and how to task the sensor	Version 2.0
Sensor Observation Service (SOS)	Provides an API for managing deployed sensors and retrieving sensor data and specifically "observation" data	Version 1.0.0
Catalog Service with CSDGM Metadata (CSW)	Specifica le interface e i profili applicativi necessari per pubblicare e accedere ai cataloghi digitali di metadati relativamente ai dati geospaziali, ai servizi e alle informazioni sulle risorse correlate.	Version 2.0.2

Tab.2. Principali servizi standard di processamento definiti in ambito OGC

Nome	Descrizione	Versione
Web Processing Service (WPS)	Provides rules for standardizing how inputs and outputs (requests and responses) for geospatial processing services, such as polygon overlay or buffering.	Version 1.0.0
Coordinate Transformation	Provides a standard way for software to specify and access coordinate transformation services for use on specified spatial data	Version 1.0

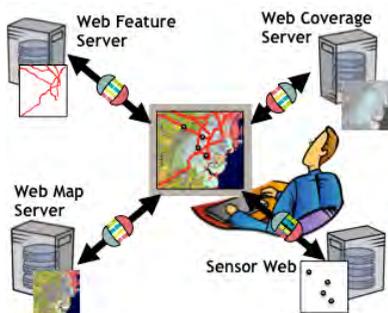


Fig. 2. Rappresentazione della condivisione tra servizio di visualizzazione e i diversi servizi di accesso OGC (WMS, WFS, WCS o SOS). Modificata da sito di OGC [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org).

### Servizi implementati nella rete LTER Italia

Attualmente, non avendo ancora intrapreso serie e accurate analisi sulla tipologia di dati esistenti nella comunità LTER, si è scelto di testare in alcuni siti in ambito marino e lacustre, alcuni dei GeoServizi in modo da evidenziare problemi e incompatibilità, ma anche per identificare specificità e sviluppare buone pratiche.

Escludendo da questa dissertazione i servizi di processamento, perché più adatti ad architetture più consolidate, è possibile indicare come, per dati geospaziali raccolti nei siti IT08 (Southern Alpine Lakes), IT11 (Himalayan Lakes) e IT12 (Northern Adriatic Sea) limitatamente al Golfo di Venezia, i servizi WMS, WFS e SOS siano i più idonei. Questi servizi di distribuzione e accesso hanno permesso di condividere: le distribuzioni areali di specie, di fattori chimici, fisici o biologici (nutrienti, temperatura, clorofilla, ecc.); le osservazioni riguardanti gli stessi fattori ma raccolte puntualmente in stazioni, piattaforme o transekti attraverso l'uso di sensori, sonde multiparametriche e strumenti

di laboratorio anche a diverse profondità; infine i limiti dei siti LTER come poligoni rappresentanti l'ambito di pertinenza del sito stesso.

In questo contesto sono stati creati, attraverso l'uso del software GeoServer, diversi servizi WMS e WFS, raggiungibili rispettivamente agli indirizzi [www.lteritalia.it/geoserver](http://www.lteritalia.it/geoserver) e [geoserver.ise.cnr.it/ise-portal](http://geoserver.ise.cnr.it/ise-portal) (Fig. 3 a). Invece per ciò che riguarda le osservazioni sono stati creati, utilizzando l'implementazione realizzata da 52°North, 5 servizi SOS rispettivamente per i dati meteorologici ([sos.ise.cnr.it](http://sos.ise.cnr.it)), biologici ([sos.ise.cnr.it/biology](http://sos.ise.cnr.it/biology)) e chimico-fisici ([sos.ise.cnr.it/chemistry](http://sos.ise.cnr.it/chemistry)) dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi; per alcuni dati fisici raccolti dall'Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente ([sos.irea.cnr.it](http://sos.irea.cnr.it)) e i dati raccolti dalla Piattaforma Acqua Alta gestita dall'Istituto di Scienze Marine ([david.ve.ismar.cnr.it:8080/52nSOSv3\\_WAR](http://david.ve.ismar.cnr.it:8080/52nSOSv3_WAR)).

I servizi qui elencati possono essere raggiunti attraverso l'uso di software desktop GIS e [10.12.150.42:8080/geoserver/ise\\_admin/wms](http://10.12.150.42:8080/geoserver/ise_admin/wms), attraverso client di accesso ai dati, oppure utilizzando geoportali costruiti appositamente per l'accesso e a visualizzazione dei geoservizi ([www.lteritalia.it/geoportal](http://www.lteritalia.it/geoportal), [geoportal.ise.cnr.it](http://geoportal.ise.cnr.it)) (Fig. 3. b). Infine è stato possibile, grazie al progetto EnvEurope, realizzare anche un client per l'inserimento e il reperimento di metadati secondo lo schema INSPIRE e l'Ecological Metadata Languages (EML) ([enveurope.geocatalogue.ise.cnr.it/europe/](http://enveurope.geocatalogue.ise.cnr.it/europe/), Fig. 3. c).

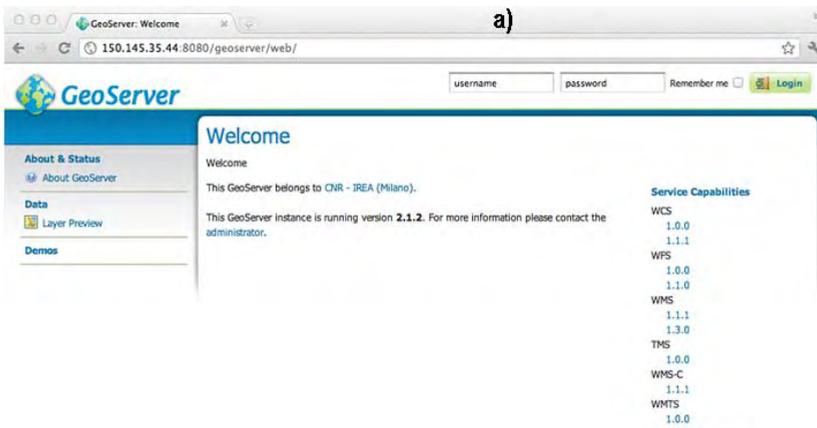




Fig. 3. Anteprime dei server per la condivisione e la modifica dei dati geospaziali attraverso servizi WMS e WFS (a), dei client per l'accesso e la visualizzazione dei servizi WMS e WFS (b), infine (c) il portale di inserimento, accesso e ricerca dei metadati progettato per l'intera comunità LTER Europa

Riferimenti web:

[www.opengeospatial.org/](http://www.opengeospatial.org/);  
[www.iso.org/iso/home.html](http://www.iso.org/iso/home.html);  
[www.w3.org/](http://www.w3.org/);  
[geoserver.org](http://geoserver.org/); [52north.org](http://52north.org/);  
[www.ise.cnr.it](http://www.ise.cnr.it/);  
[www.irea.cnr.it](http://www.irea.cnr.it/);  
[www.ismar.cnr.it](http://www.ismar.cnr.it/);  
[www.enveurope.eu](http://www.enveurope.eu).

Riferimenti bibliografici:

- AA.VV. 2010. Challenges and Opportunities. *Science*. 331: 692-693.
- McLaughlin, J.D. 1991. Towards national spatial data infrastructure. *Proceeding Canadian Conference on Geographic Information Systems*. Ottawa: 1-5.
- Michener, K.W., J. Porter, M. Servilla & K. Vanderbilt. 2011. Long term ecological research and information management. *Ecological Informatics*. 6: 13-24.
- Nebert, D.D. (Ed.). 2009. *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook v.2.0*. Global Spatial Data Infrastructure. 150 pp. (free online: [www.gsdi.org](http://www.gsdi.org)).
- Peterseil, J., H. Schentz, P. Carrara & A. Oggioni. 2010. Accessing long term monitoring data as ground truth - Contribution from EnvEurope. *Data flow from Space to Earth, Applications and interoperability*. International Conference, Venice.
- Reichman, O.J., B.J. Matthew & M.P. Schildhauer. 2010. Challenges and opportunities of open data in ecology. *Science*. 331: 703-705.
- Zhao, P., G. Yu & L. Di. 2007. *Geospatial Web Services*. In Hilton, B. (Ed.), *Emerging Spatial Information Systems and Applications*: Idea Group Inc. 35 pp (free online: [www.laits.gmu.edu/geo/nga/doc/geoWebService.pdf](http://www.laits.gmu.edu/geo/nga/doc/geoWebService.pdf))



Parte II  
**I siti italiani della  
Ricerca Ecologia a Lungo Termine**



# 1. Appennini: ecosistemi d'alta quota

A. Stanisci

*Sigla del Sito:* IT01-000-T

*Persona di contatto:* A. Stanisci, Univ. del Molise, Dip. Scienze e Tecnologie dell'Ambiente e del Territorio, stanisci@unimol.it

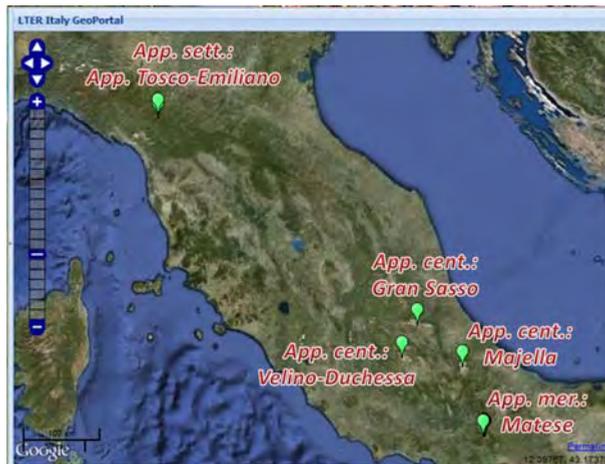


Fig. 1.1. I siti di ricerca del sito LTER Appennini: ecosistemi d'alta quota.

Il sito è costituito da ecosistemi terrestri di alta quota della catena montuosa degli Appennini, e si presenta come “isole” orografiche nel Mediterraneo centrale. In particolare comprende 150 plots distribuiti nei tre settori geografici dell'Appennino e include 4 siti di ricerca:

- IT01-001-T Appennino Centro-Meridionale: Majella-Matese
- IT01-002-T Appennino Centrale: Velino-Duchessa
- IT01-003-T Appennino Centrale: Gran Sasso
- IT01-004-T Appennino Settentrionale

Le tematiche di ricerca riguardano la diversità di specie di piante vascolari, i cambiamenti climatici, i cambiamenti di uso del suolo, la composizione chimica della neve, la durata della copertura nevosa, la caratterizzazione e classificazione pedologica dei suoli, gli scambi di CO<sub>2</sub> suolo-atmosfera, la biologia di specie di piante vascolari a rischio di estinzione e endemiche.

## 1.1. Appennino centro-meridionale: Majella-Matese

A. Stanisci, G. Ciaschetti, S. Cocco, G. Corti, M. Freppaz, C. Giancola, M. Pecci, G. Pelino, E. Zanini

*Sigla:* IT01-001-T

*Status di protezione:* Il massiccio della Majella è incluso nel Parco Nazionale della Majella, SIC e ZPS con denominazione “Maiella”; i Monti del Matese, versante molisano, sono invece inclusi nel SIC e ZPS con denominazione “La Gallinola-Monte Miletto-Monti del Matese”.

*Persona di riferimento:* A. Stanisci, Univ. del Molise, Dip. Scienze e Tecnologie dell’Ambiente e del Territorio-86090 Pesche (Isernia)

*Enti coinvolti:* Parco Nazionale della Majella, Giardino della Flora Appenninica di Capracotta (Is), Giardino Botanico Daniela Brescia, Univ. Politecnica delle Marche, Univ. di Torino, Univ. del Molise.



### Massiccio della Majella:

Lat. 42,0900 Lon. 14,0100

Altitudine max :2794 m s.l.m.

Altitudine min: 2400 m s.l.m.

### Monti del Matese:

Lat. 41,4600 Lon. 14,3900

Altitudine max: 2040 m s.l.m.

Altitudine min: 1500 m s.l.m.

Fig. 1.1.1. Monitoraggio floristico-quantitativo della flora d’alta quota. Foto di Giovanni Pelino.

Sul massiccio della Majella, tra i 2400 e i 2750 m s.l.m., sono presenti molteplici esempi di morfologie glaciali e persistono condizioni climatiche di tipo periglaciale, con temperatura media annua dell’aria di + 3°C. Il suolo è coperto da neve da metà settembre a metà giugno. Le geomorfologie più diffuse sono *rock glaciers*, *roches montonées*, *kettles holes*, *sorted stripes*, *sorted circles*, *kame reliefs*.

A seconda delle diverse geoforme, il piano alpino è composto da un mosaico vegetazionale formato da praterie primarie (*Seslerion apenninae*), saliceti prostrati (*Arabidion coeruleae*), praterie compatte di dolina (*Salicion herbaceae*, *Ranunculo-Nardion*) o dalla vegetazione frammentata e discontinua dei ghiaioni e delle rupi (*Linario-Festucetum dimorphae*, *Saxifragion australis*).

Per quanto riguarda i Monti del Matese, per effetto delle secolari ed intensive pratiche silvo-pastorali le formazioni arbustive subalpine sono state eliminate e la faggeta risulta, dunque, a diretto contatto, nel suo limite altitudinale superiore, con prati-pascolo continui (*Phleo ambiguus-Bromion erecti*) o con la vegetazione di rupi e ghiaioni (*Festucion dimorphae*, *Saxifragion australis*). Le vette più elevate, tra i 1800 e i 2000 metri, sono ricoperte da praterie discontinue (*Festucion violaceae*, *Seslerion apenninae*).

Il monitoraggio ecologico a lungo termine viene svolto in 36 aree permanenti collocate nel piano alpino del massiccio della Majella e nel piano altomontano dei Monti del Matese. Le principali attività di ricerca del sito riguardano la diversità di specie di piante vascolari, la distribuzione e la composizione degli habitat di interesse comunitario, i cambiamenti climatici, i cambiamenti di uso del suolo, la composizione chimica della neve, la caratterizzazione e classificazione pedologica dei suoli, gli scambi di CO<sub>2</sub> suolo-atmosfera, la biologia delle piante vascolari endemiche o a rischio di estinzione.

Le aree di monitoraggio dei dati termometrici e floristico-quantitativi sono incluse nella rete mondiale del progetto GLORIA (GLObal Research Initiative in Alpine ecosystems).

Per quanto concerne il suolo e la neve, sono state svolte la caratterizzazione pedologica, la caratterizzazione mineralogica e la caratterizzazione del manto nevoso. Vengono analizzati il ciclo del carbonio nei suoli zoogenici, gli scambi di CO<sub>2</sub> suolo-atmosfera, la composizione chimica e la copertura delle precipitazioni nevose.

L'elaborazione dei dati raccolti in questi ultimi 10 anni ha evidenziato:

- l'aumento della temperatura media annua del suolo di 0,05 °C nelle aree poste a di sopra dei 2500 m di quota (periodo 2001-2010);
- l'incremento del 4% della ricchezza della flora vascolare, lungo i versanti più caldi (meridionali ed orientali), per effetto della risalita di specie termofile provenienti da quote inferiori;
- la riduzione del 25-30% del numero e della taglia degli individui di specie microterme minacciate (es. *Androsace mathildae*);

Inoltre sono state effettuati il censimento e la cartografia delle forme geo-morfologiche di origine glaciale e periglaciale e sono state de-

scritte le caratteristiche morfometriche e pedologiche dei suoli a *patterned ground* e dei *Kettle holes*

## 1.2. Appennino centrale: Velino-Duchessa

*M. Cutini, M. Iocchi, J.P. Theurillat, B. Petriccione*

*Sigla:* IT01-002-T

*Status di protezione:* il Sito include due riserve regionali (Riserva Regionale Naturale “Montagne della Duchessa” (EUAP0267); Riserva Naturale Orientata Statale “Monte Velino”), 2 ZPS (IT6020046; IT7110130), 2 SIC (IT6020020; IT7110206).

*Persona di riferimento:* M. Cutini, Univ. degli Studi Roma Tre, Roma.

*Enti coinvolti:* CFS – Ufficio Territoriale per la Biodiversità, L’Aquila; Riserva Regionale Naturale “Montagne della Duchessa”; Fondazione J.-M. Aubert, Champex-Lac, Svizzera

Il sito è costituito da due transetti posti in corrispondenza dei versanti sud-occidentali del Monte Velino (2487 m s.l.m.) e del Monte Morrone (2147 m s.l.m.) (Fig. 1). Le due aree sono costituite prevalentemente da litotipi carbonatici meso-cenozoici e ricadono rispettivamente all’interno dei Comuni di Magliano dei Marsi e Massa d’Albe (L’Aquila, Abruzzo) e di Borgorose (Rieti, Lazio).



Fig. 1.2.1. Veduta panoramica delle aree permanenti LTER installate per il sito Appennino centrale: Velino-Duchessa (immagine Google Earth rielaborata).

Dal punto di vista vegetazionale le aree risultano molto significative per la zonazione della vegetazione dei sistemi carbonatici appenninici, presentando pascoli primari discontinui e praterie xerofitiche, comunità casmofitiche montane e altomontane e di ghiaione, brughiere a ginepro nano e faggete microterme.

Nel 1993 sono state installate due aree permanenti di 600 m<sup>2</sup> (“Velino A”), nell’ambito della Rete di monitoraggio della Riserva Naturale Orientata Monte Velino, gestita dal CFS, mentre, tra il 2005 e il 2009, sono state installate 55 aree di campionamento (stazioni “Duchessa” e Velino B”) nell’ambito del progetto di ricerca “Elevation gradient of vascular plant distribution in the Central Apennines: diversity patterns and potential impact of global change” (MIUR 2005-2009) che prevede un monitoraggio a medio e lungo termine della diversità floristica anche fuori dai limiti del sito LTER con 112 altre aree permanenti (Fig. 1.2.2).

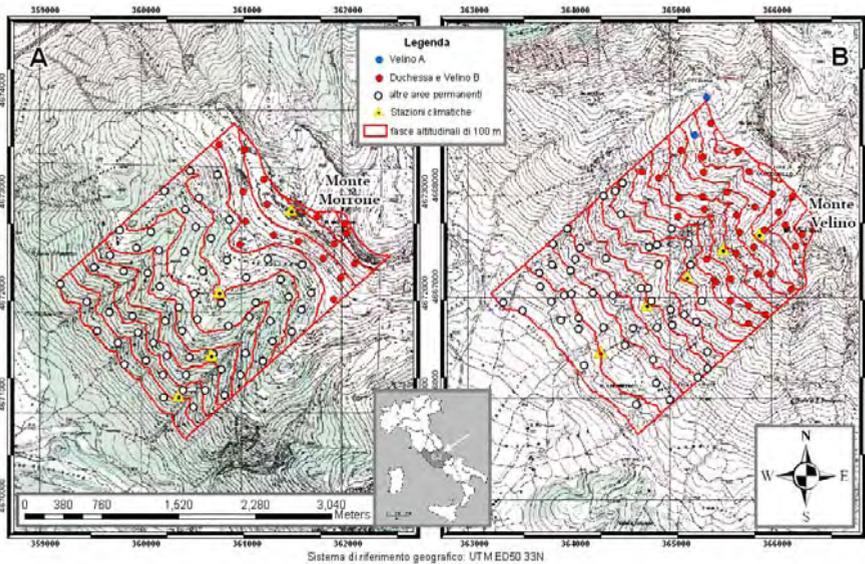


Fig. 1.2.2. Localizzazione delle aree permanenti e delle stazioni climatiche installate nei transetti altitudinali “Duchessa” (A) e “Velino” (B). Le aree permanenti collocate al di sopra dei 1800 m s.l.m. rientrano all’interno della rete LTER e sono rappresentate da cerchi blu (Velino A) e cerchi rossi (Duchessa e Velino B).

Parallelamente sono state avviate indagini cartografiche, floristiche e vegetazionali sulle comunità espressive degli habitat elencati dalla Direttiva Habitat 92/43, vista l’esistenza di aree appartenenti alla Rete Natura 2000. Il programma di monitoraggio a medio termine prevede una raccolta dei dati basata su differenti cicli di monitoraggio.

Nelle aree permanenti “Velino A” a partire dal 1993 vengono eseguiti dei rilevamenti della vegetazione ad una cadenza pluriennale, annuale dal 2008, mentre in quelle “Duchessa” e “Velino B”, il monitoraggio ricorre ogni cinque anni e per ogni area permanente viene censita una superficie di 4 m<sup>2</sup>.

Nell'estate del 2005 sono state installate quattro stazioni climatiche a intervalli di 250 metri di altitudine (1208, 1468, 1714 e 1972 m s.l.m.) nel transetto altitudinale “Duchessa”, e cinque stazioni allo stesso intervallo altimetrico (1207, 1482, 1728, 1978 e 2238 m s.l.m.) nel transetto altitudinale “Velino B”, nelle quali avviene il monitoraggio della temperatura dell'aria e del suolo durante tutto l'anno, e delle precipitazioni meteoriche durante il periodo vegetativo Maggio-Settembre) (Fig. 1.2.3). Per le aree “Duchessa” e “Velino B” si valuteranno i cambiamenti nella struttura e nella composizione delle comunità vegetali lungo il gradiente altitudinale, i cambiamenti climatici locali al variare delle quote e gli effetti dei cambiamenti di uso del suolo sulla vegetazione.

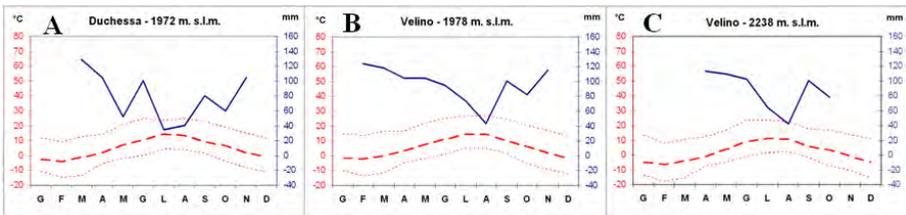


Fig. 1.2.3. Diagrammi ombrotermici relativi al periodo 2005-2011 misurati nelle stazioni climatiche collocate a 1972 m. s.l.m. nel transetto “Duchessa” (A) e a 1978 m. s.l.m. (B) e 2238 m. s.l.m. (C) nel transetto “Velino”.

Analisi comparative condotte sui dati relativi alla stazione “Velino A” hanno evidenziato trasformazioni della vegetazione, con una diminuzione delle emicriptofite ed un aumento delle camefite, mentre evidente risulta un aumento delle specie stress-tolleranti e di quelle adatte all'aridità. Queste trasformazioni possono essere interpretate come effetti del generale cambiamento climatico regionale sebbene non si possono escludere degli effetti legati ai cambiamenti di uso del suolo degli ultimi decenni.

### 1.3. Appennino Centrale: Gran Sasso d'Italia

*B. Petriccione*

*Sigla:* IT01-003-T

*Status di protezione:* incluso nel Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga

*Persona di riferimento:* E. Pompei, CFS - Isp. Gen., Div. 6a

*Enti coinvolti:* CFS – Ufficio Territoriale per la Biodiversità, Centro studi, ricerche e conservazione degli ecosistemi di altitudine, L'Aquila



#### **Gran Sasso d'Italia**

Lat. 42,2646 Lon. 13,3323

Altitudine: 2150 – 2280 m s.l.m.

Temp. media annua: 3,1 °C

Precipitaz. media annua: 1100 mm

Intensi fenomeni crionivali

Permanenza neve al suolo per 6 mesi

Praterie primarie di alta quota

Fig. 1.3.1. Posizione e struttura di uno dei sei plot di 100 m<sup>2</sup> per il rilevamento della vegetazione.

Il sito è basato su sei plot di 100 m<sup>2</sup> ciascuno (Fig. 1.3.1), raggruppati in due cluster-plots di tre plot ognuno, caratterizzati da due distinte comunità vegetali, caratterizzate per la maggior parte da specie perenni con accentuati adattamenti all'aridità e al freddo, particolarmente resistenti ma con bassi valori di resilienza:

- Ga: praterie di altitudine mesofile primarie (*Luzulo italiacae-Festucetum macratherae*), su pendii sub-pianeggianti, con copertura vegetale continua e permanenza del manto nevoso per 6-8 mesi/anno;
- Gb: praterie di altitudine xerofitiche primarie (*Pediculari elegantis-Seslerietum tenuifoliae*), con copertura vegetale discontinua, su pendii ripidi con accentuata scalinatura dovuta ad intensi fenomeni crionivali frequenti tutto l'anno.

I primi rilevamenti effettuati sulla stazione nel 1986 si devono ad ampi studi sulle praterie basifile di alta quota a *Sesleria tenuifolia* degli Appennini Centrali avviati dal dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Roma "La Sapienza". Successivamente, la stazione è stata riattivata nell'ambito del Sistema di monitoraggio ambientale

del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, istituito dal Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università dell'Aquila nel 1993. Dal 1999, infine, il CFS ha ripreso i rilevamenti, potenziandoli, nell'ambito della costituenda Rete LTER Italia. Il rilevamento fitosociologico della vegetazione è effettuato dal 1986, con frequenza pluriennale, e dal 2008 con frequenza annuale. Il monitoraggio delle comunità ornitiche, inoltre, è effettuato dal 2006, con frequenza settimanale. Oltre a disporre di puntuali dati microclimatici, registrati nella stagione vegetativa del 1990, sono disponibili dati climatici giornalieri di precipitazione e temperatura dell'aria a partire dal 1942, registrati in una stazione standard localizzata proprio presso il sito. Inoltre, il sito dispone di puntuali dati nivometrici, registrati a partire dal 1986 nell'ambito del Programma NEVEMONT del CFS.

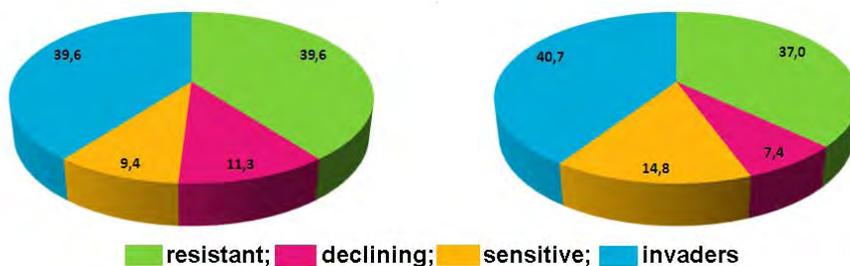


Fig. 1.3.2. Cambiamenti nelle comunità vegetali (%): a sinistra le praterie xerofitiche a *Sesleria tenuifolia*, a destra quelle mesofile a *Festuca macrathera*.

L'analisi dei dati raccolti in 25 anni di osservazioni (18 anni nella seconda comunità) consente di evidenziare importanti cambiamenti nella struttura e nella composizione delle comunità vegetali (Fig. 1.3.2):

- nel periodo di osservazione si è verificato nelle comunità un turnover di specie compreso tra il 44,4 e il 55,6%, mentre solo il 44-50% resiste tuttora senza variazioni significative ("resistant");
- il 40% circa delle specie presenti oggi è costituito da entità che hanno invaso progressivamente le comunità a partire dal secondo rilevamento in poi ("invaders"; si tratta di specie particolarmente adatte all'aridità e più diffuse a quote inferiori, in quanto più termofile);

- il 10-15% delle specie è scomparso dalle comunità negli ultimi anni (“sensitive”; si tratta di specie poco adatte a sopportare periodi prolungati di aridità e legate ad una lunga copertura nevosa);
- un gruppo altrettanto consistente di specie va progressivamente rarefacendosi in termini di frequenza e copertura (“declining”; si tratta delle specie più caratteristiche delle comunità studiate).

Tali cambiamenti evidenziano una chiara tendenza all’adattamento all’aridità delle comunità vegetali d’alta quota, nelle quali è in corso un processo di graduale degenerazione: si tratta verosimilmente degli effetti del generale cambiamento climatico osservato in tutta l’Italia Centro-Meridionale negli ultimi 50-60 anni che, in alta montagna, si esprime soprattutto attraverso la forte riduzione della durata del manto nevoso.

#### **1.4. Appennino Settentrionale: App. Tosco-Emiliano**

*G. Rossi, M. Tomaselli, M. Gandini, M. Gualmini, G. Parolo*

*Sigla:* IT01-004-T

*Status di protezione:* il Sito è incluso nel Parco Nazionale dell’Appennino Tosco-Emiliano, nonché in parte nel Parco Regionale dell’Appennino Modenese (o del Frignano) e in alcuni SIC della Rete Natura 2000.

*Persona di riferimento:* G. Rossi, Univ. degli Studi di Pavia.

*Enti coinvolti:* Univ. degli Studi di Pavia, Univ. di Parma, Parco Nazionale dell’Appennino Tosco-Emiliano, Ev-K2-CNR di Bergamo (SHARE Project).

Il sito di ricerca “Appennino settentrionale” è localizzato nel cuore del Parco Nazionale dell’Appennino Tosco-Emiliano e in parte nel Parco Regionale dell’Appennino Modenese ed è composto da 7 stazioni di ricerca, dislocate presso: Alpe di Mommio, M. Casarola, Cima di Foce a Giovo, Cima di Pian Cavallaro, M. Prado, M. La Piella e M. Cusna. Tali stazioni, situate in ambiente subalpino-alpino, sono caratterizzate da faggeta al limite altitudinale superiore (*Fagion sylvaticae*), da brughiere subalpine a mirtilli (*Rhododendro-Vaccinion* e *Loiseleurio-Vaccinion*), da praterie discontinue (*Caricion curvulae*, *Caricion ferrugineae*, *Nardion strictae*, *Poion alpinae*), e da vallette nivali (*Salicion herbaceae*).



### Appennino tosco-emiliano:

Lat. 44,1633 Lon. 10,1441

Altitudine max: 2054 m s.l.m.

Altitudine min: 1722 m s.l.m.

Fig. 1.4.1.3. Monitoraggio sulla composizione floristica della vetta dell'Alpe di Mommio (campagna GLORIA 2008).

Le caratteristiche ecologiche e fisico-morfologiche rendono tale ambiente particolarmente interessante per lo studio dei cambiamenti climatici in relazione alla flora alpina qui esistente e alle quote relativamente basse delle vette montuose.

A partire dal 2001 quattro dei sopracitati siti di ricerca sono divenuti aree permanenti della rete GLORIA, un progetto a livello europeo e mondiale nell'ambito del quale vengono periodicamente monitorati dati floristico-quantitativi e termometrici a livello del suolo (registrati in continuo dal 2001); l'accesso a tali dati è parzialmente libero (banca dati online in [www.gloria.ac.at](http://www.gloria.ac.at)). Inoltre dal 1999 in vari habitat di alta quota sul M. Prado e M. Cusna sono state installate ulteriori aree permanenti per il monitoraggio della copertura nevosa e di specie target.

L'imponente base di dati biotici, fisico-chimici, termometrici e meteo-climatici, questi ultimi messi a disposizione da ISAC-CNR Bologna - stazione M. Cimone "O. Vittori" (Progetto SHARE), viene utilizzata per studi sugli effetti del cambiamento climatico in quota sulla composizione in specie, sul clima e sulla copertura nevosa al suolo, sulla facilitazione/competizione tra le specie (es. *Silene acaulis* subsp. *bryoides*), sullo stato di conservazione/efficienza riproduttiva di ulteriori specie (*Carex foetida*, *Vicia cusnae*, *Alopecurus alpinus*, *Leucanthemopsis alpina*, *Senecio incanus*, *Silene suecica*), nonché sulla germinabilità dei semi, con esperimenti anche in laboratorio.

Dai risultati preliminari emergono riscontri degli effetti del riscaldamento globale a vari livelli, ad esempio in termini di distribuzione delle piante, con espansione in quota di alcune specie termofile; inte-

ressanti risultati stanno anche emergendo dallo studio dell'effetto delle ondate di calore (es. 2003 e 2010) sulla *performance* riproduttiva di alcune specie target.

#### Riferimenti web:

[www.gloria.ac.at](http://www.gloria.ac.at);  
[et.unipv.it](http://et.unipv.it);  
[www.unipv.it/labecove](http://www.unipv.it/labecove);  
[www.evk2cnr.org/cms/](http://www.evk2cnr.org/cms/);  
[www.floraconservation.com](http://www.floraconservation.com);  
[www.distat.unimol.it/STAT/environmetrica](http://www.distat.unimol.it/STAT/environmetrica);

#### Riferimenti bibliografici:

- Abeli T., G. Rossi, R. Gentili, A. Mondoni & P. Cristofanelli. 2011. Response of alpine plant flower production to temperature and snow cover fluctuation at the species range boundary. *Plant Ecology*, in press
- Abeli T., G. Rossi, R. Gentili, M. Gandini, A. Mondoni & P. Cristofanelli. 2011. Effect of the extreme summer heat waves on isolated populations of two orophitic plants in the N-Appennines (Italy). *Nordic Journal of Botany*, in press
- Basili M., C. Cioci, S. Cocco, A. Agnelli, D. Di Peco, P. Ferraris & G. Corti. 2009. Characteristics and origin of organic matter and basal respiration of soils from Majella massif (Central Apennines, Italy). *Geophysical Research Abstracts*. European Geosciences Union. General Assembly 2009 Vienna, Austria, 19 – 24 April 2009
- Bertin L., R. Dellavedova, M. Gualmini, G. Rossi & M. Tomaselli. 2001. Monitoring plant diversity in the Northern Apennines, Italy. The Gloria Project. *Arch. Geobot.* 7(1): 71-74
- Brancaleoni L., M. Gualmini, M. Tomaselli & R. Gerdol. 2007. Responses of subalpine dwarf-shrub heath to irrigation and fertilization. *Journal of Vegetation Science* 18: 337-344
- Cioci C., G. Corti, A. Agnelli & S. Cocco. 2008. Role of the altitude on the organic matter preservation in soils under a secondary prairie on the Majella massif, Italy. *Agrochimica* 5:313-324
- Corti G., S. Cocco, M. Basili, C. Cioci, J. Warburton & A. Agnelli. 2011. Soil formation in kettle holes from high altitudes in central Apennines, Italy. *Geoderma*. DOI:10.1016/j.geoderma.2011.10.016
- Giancola C., P. Di Marzio P. & A. Stanisci. 2008. Gli habitat nelle aree d'alta quota in Molise. *Fitosociologia* 44 (2).

- Petraglia A. & M.Tomaselli. 2007. Phytosociological study of the snow-bed vegetation in the Northern Apennines (Northern Italy). *Phytocoenologia* 37 (1): 67-98
- Petriccione B. 1993. Flora e vegetazione del massiccio del Monte Velino (Appennino Centrale). *Collana Verde (Min. Risorse Agricole, Alimentari e Forestali)* 92: 1-261.
- Petriccione B. 2005. Short-term changes in key plant communities of Central Apennines (Italy). *Acta Botanica Gallica* 152: 545-561
- Petriccione B., G. Rossi, A. Stanisci & G. Parolo (in press). Climate change monitoring in LTER Italy high elevation sites. In: Krause K.. *LTER Europe, the next generation of ecosystem research. A guide through European Long-Term Ecological Research Networks, Sites and Processes*. Cambridge University Press.
- Stanisci A., M.L. Carranza, G. Pelino & A. Chiarucci. 2010. Assessing the diversity pattern of cryophilous plant species in high elevation habitats. *Plant Ecology* 212: 595-600
- Theurillat J.-P., M. Iocchi, M. Cutini & G. De Marco. Vascular plant richness along elevation gradient at Monte Velino (Central Apennines, Italy). *Biogeographia* (in stampa).

## 2. Ambienti d'alta quota, Alpi Nord Occidentali

*M. Freppaz, U. Morra di Cella, E. Cremonese, G. Filippa, P. Pogliotti,  
M. Galvagno, M. Martin, E. Zanini*

*Sigla:* IT19-000-T

*Persona di contatto:* E. Zanini, Università degli Studi di Torino - DIVAPRA - Chimica Agraria e Pedologia - LNSA, NatRisk, [ermanno.zanini@unito.it](mailto:ermanno.zanini@unito.it)

Il sito, entrato nella Rete LTER Italia nel 2009, è rappresentativo degli ambienti d'alta quota delle Alpi Nord-Occidentali. In particolare comprende sei siti di ricerca, collocati secondo un gradiente altitudinale, compreso tra 2100 e 3300 m s.l.m.. Si tratta di ambienti in cui la neve permane al suolo dai cinque agli otto mesi, caratterizzati da loriceti, peccete e praterie alpine, con suoli a diverso grado evolutivo. Il sito ha attive numerose collaborazioni internazionali, tra le quali si segnala il sito LTER di Niwot Ridge, in Colorado, gestito dalla University of Colorado - INSTAAR. Le principali tematiche di ricerca, sviluppate con un approccio interdisciplinare, riguardano le caratteristiche dei suoli e della vegetazione del piano subalpino, alpino e nivale.

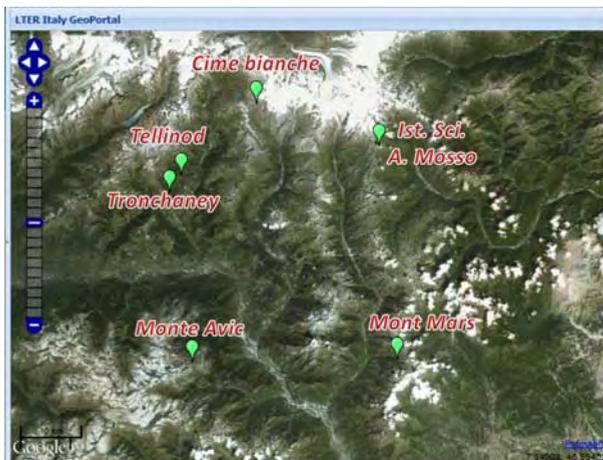


Fig. 2.1. I siti di ricerca del sito LTER Ambienti d'alta quota, Alpi Nord Occidentali.

## 2.1. Istituto Scientifico Angelo Mosso

*Sigla:* IT19-001-T

*Status di protezione:* parzialmente incluso in un Sito d'Interesse Comunitario (SIC)

*Persona di riferimento:* M. Freppaz, Università degli Studi di Torino - DIVAPRA - Chimica Agraria e Pedologia - LNSA, NatRisk

*Enti coinvolti:* Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont, Monterosa 2000 SpA e Monterosa SpA (Monterosa Ski), Parco Naturale Alta Valsesia.

I Laboratori Scientifici “Angelo Mosso” al Col d’Olen (2901 m s.l.m.) (Fig. 2.1.1), fulcro di questo sito di ricerca, furono costruiti tra il 1905 e il 1907, quando apparve ormai evidente che la Capanna Regina Margherita sul Monte Rosa (4559 m s.l.m.), come centro di ricerca d’alta quota, era diventato insufficiente alle sempre più numerose richieste di utilizzo da parte della comunità scientifica internazionale.



### Alagna Valsesia (VC) - Gressoney La Trinité (AO)

Quota Istituto: 2901 m s.l.m.

Quota min- max: 2525- 3260 m s.l.m.

T aria media annua\*: -3,2 °C

T aria min assoluta\*: -23,2 °C

T aria max assoluta\*: +14,3 °C

H neve media annua\*: 124 cm

H neve max: 580 cm (Dic. 2008)

\*Stazione Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont, 2005-2011

Fig. 2.1.1. Istituto Scientifico Angelo Mosso.

Da qui l’idea promossa da Angelo Mosso (1846-1910), professore di fisiologia umana dell’Università degli Studi di Torino, di affiancare all’Osservatorio della Capanna Regina Margherita un’ulteriore struttura, in grado di mettere a disposizione dei ricercatori laboratori sempre più ampi, e di permettere soggiorni di studio anche protratti ad alta quota. Questo progetto divenne presto realtà grazie all’intervento della Regina Margherita, del re Vittorio Emanuele III, del Ministero della Pubblica Istruzione, dell’Agricoltura, del Club Alpino Italiano e varie personalità dell’epoca. Le ricerche condotte presso l’Istituto non hanno riguardato soltanto la fisiologia umana, ma anche altre discipline

comprese la meteorologia alpina e la glaciologia, grazie anche alla presenza dell'Osservatorio Meteorologico che affiancava l'Istituto, diretto negli Anni 1920-30 da Umberto Monterin, e ora sede di una stazione nivometeorologica automatica, gestita dal Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont. Oltre alle preziose serie storiche di dati climatici, dal 2005 è in corso una serie di attività di ricerca sulle specifiche interazioni neve/substrato, con particolare riferimento alle dinamiche del carbonio e degli elementi nutritivi del suolo, quali ad esempio l'azoto, e alle caratteristiche dei suoli antropogenici (ad es. piste da sci). La Fig. 2.1.2 illustra l'andamento della temperatura del suolo (10 cm di profondità) registrata nel periodo 2008-2009, lungo un gradiente altitudinale, compreso fra 2570 e 2950 m s.l.m.. E' evidente come, anche a queste quote, un manto nevoso di sufficiente spessore sia in grado di isolare il suolo dall'ambiente circostante, mantenendone la temperatura prossima agli 0°C, indipendentemente dalla temperatura dell'aria.

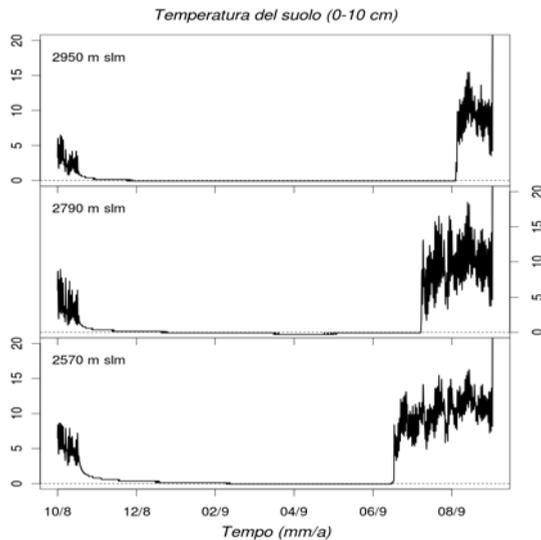


Fig. 2.1.2. Temperatura del suolo (2008-2009) lungo un gradiente altitudinale.

Nella Fig. 2.1.3 è invece riportata la correlazione fra il numero di giorni in cui la temperatura del suolo è stata prossima agli 0°C e la concentrazione di carbonio microbico nei suoli. Da questa analisi e-

merge che all'aumentare della durata di tali condizioni termiche, la biomassa microbica del suolo si riduce, con ripercussioni sulle dinamiche dei processi biogeochimici.

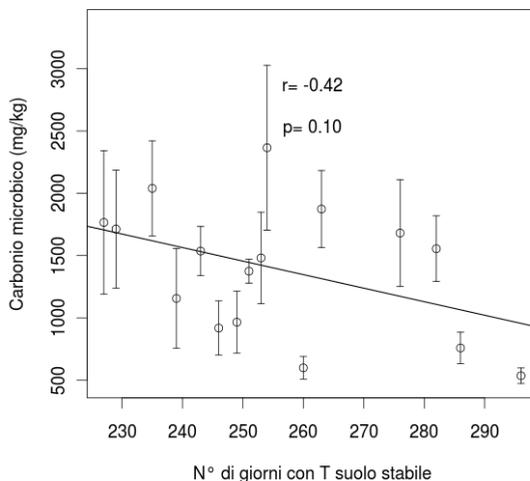


Fig. 2.1.3. Correlazione fra il numero di giorni con temperatura del suolo pari a 0°C e la concentrazione di carbonio microbico (2008-2010)

## 2.2. Mont Mars

*Sigla:* IT19-002-T

*Status di protezione:* parzialmente all'interno della Riserva Naturale Mont Mars

*Persona di riferimento:* M. Freppaz, Università degli Studi di Torino - DIVAPRA - Chimica Agraria e Pedologia - LNSA, NatRisk

*Enti coinvolti:* Comune Fontainemore, Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Agricoltura e Risorse Naturali - Servizio Aree Protette

Il sito di ricerca è rappresentativo di ambienti del piano montano, subalpino e alpino ed è caratterizzato da una ricca variabilità geomorfologica, con la presenza di boschi e praterie, pietraie, laghi e zone umide. La cima più alta che domina la zona è il Mont Mars che, con i suoi 2600 m s.l.m., si erge sopra ripide balze formate da rocce montonate.



### Fontainemore (AO)

Quota min- max: 1400- 2600m s.l.m.

T aria media annua\*: +3.8 °C

H neve media annua\*: 84 cm

H neve max\*: 220 cm

\* Campo neve 2006-2010

Fig. 2.2.1. Il Mont Mars (Fontainemore - AO)

Nella parte bassa sono presenti latifoglie miste a Larice e, nelle zone più umide, l'Abete bianco e l'Ontano verde. Nelle zone più elevate si trova il Pino cembro fino ad incontrare le praterie d'alta quota. Dal 2006 sono condotte periodiche indagini sulle caratteristiche fisiche e chimiche del manto nevoso, mediante l'allestimento di un campo neve alla quota di 1800 m s.l.m., dove è applicato il Profilo Chimico Ambientale Speditivo del Manto Nevoso. Le interazioni neve/ suolo sono alla base di uno specifico fenomeno oggetto d'indagine, legato alla comparsa in primavera di una particolare colorazione rossastra della neve.

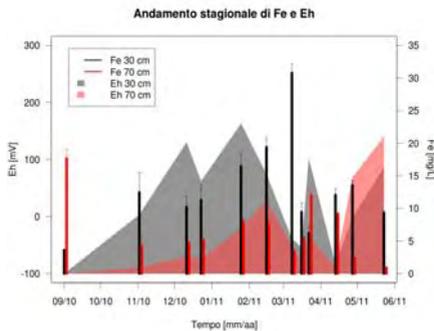


Fig. 2.1.2. Andamento della concentrazione del ferro in soluzione e del potenziale redox nel suolo

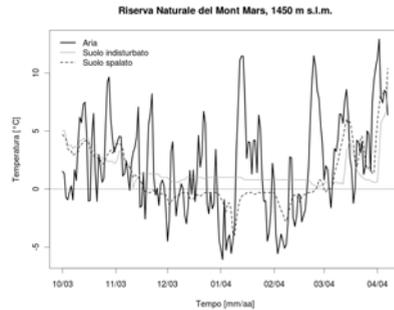


Fig. 2.1.3. Temperatura del suolo e dell'aria registrate nel corso di un esperimento di manipolazione del manto nevoso

Esso sembra essere dovuto alla mobilitazione di elevate quantità di ferro in seguito a fenomeni di riduzione (Fig. 2.1.2), probabilmente indotta dall'attività di microrganismi ferro-riduttori. Le condizioni per

il loro sviluppo potrebbero essere legate alla copertura nevosa e alla saturazione idrica del suolo indotta dalla fusione della neve.

Di particolare interesse sono poi le proprietà dei suoli, in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici. Attraverso prove di manipolazione del manto nevoso, sono stati simulati gli effetti di condizioni di scarso innevamento sulla temperatura e la dinamica degli elementi nutritivi del suolo. Un manto nevoso di ridotto spessore, infatti, determina uno scarso isolamento del suolo dalle temperature esterne nel corso dell'inverno, che si traduce in temperature più fredde e in una maggiore incidenza dei cicli gelo/disgelo (Fig. 2.1.3). L'alternanza di gelo e disgelo può alterare l'attività dei microrganismi del suolo così come la vitalità degli apparati radicali. Lo slogan "Suoli più freddi in un mondo più caldo" (Colder soils in a warmer world), coniato dai ricercatori che da tempo si occupano di questi fenomeni, ben sintetizza questi aspetti, sottolineando il possibile contrasto fra l'incremento delle temperature dell'aria ed il raffreddamento dei suoli in seguito alla mancanza della copertura nevosa.

### 2.3. Mont Avic

*Sigla:* LTER\_EU\_IT\_19-003-T

*Status di protezione:* incluso nel Parco Naturale Mont Avic

*Persone di riferimento:* U. Morra Di Cella (ARPA Valle d'Aosta) e M. Bocca (Parco Naturale Mont Avic)

*Enti coinvolti:* Parco Naturale Mont Avic.



#### **Champdepraz - Champorcher (AO)**

Quota min- max: 1200 - 2850 m s.l.m.

T aria media annua \*: +3,0 °C

T aria min assoluta \*: -23,2 °C

T aria max assoluta \*: +23,0 °C

H neve media annua \*: 73 cm

H neve max \*: 301 cm

\* Stazione meteorologica Dondena (2002-2011), quota 2180 m

Fig. 2.3.1. Area sommitale nel Parco Naturale Mont Avic interessata dai rilievi GLORIA.

Il sito è rappresentativo degli ambienti forestali del piano montano e subalpino e degli ambienti rupicoli e prato-pascolivi del piano alpino. L'area è caratterizzata da aspetti paesaggistici estremamente suggestivi e da ambienti modificati in misura del tutto marginale dall'attività dell'uomo; l'accidentata orografia ha infatti limitato da sempre le tradizionali attività agro-pastorali e, più di recente, ha impedito lo sviluppo del turismo di massa sia estivo, sia invernale.

L'area del Mont Avic è situata nella fascia di transizione fra il polo di aridità della Valle d'Aosta centrale ed il settore sud-orientale della Regione, caratterizzato da precipitazioni piuttosto elevate. Il substrato roccioso prevalente è rappresentato dalle ofioliti; soltanto nel vallone di Dondenaz sono presenti ampie superfici dominate dai calcescisti. La vegetazione è composta per oltre un terzo della superficie da vaste foreste di pino uncinato, pino silvestre, larice e faggio. Altri aspetti naturali interessanti e vari arricchiscono l'area protetta: peculiari caratteristiche geomorfologiche e geologiche (degni di nota i vasti affioramenti di serpentiniti), endemismi floristici alpini e associazioni vegetali legate al substrato delle pietre verdi, decine di specchi d'acqua, di acquitrini e torbiere, numerose specie animali rare e localizzate, favorite dalla presenza di ambienti poco diffusi sulle Alpi occidentali italiane. Negli anni 2002 e 2003 sono stati effettuati rilievi vegetazionali, in accordo con il protocollo GLORIA (GLobal Observation Research Initiative in Alpine environments) su tre aree sommitali interne al territorio del Parco, a quota variabile tra 2.340 e i 2.790 m. Il monitoraggio è stato ripetuto nel corso delle estati 2009 e 2010. In alcuni punti è stato inoltre realizzato il monitoraggio delle principali variabili pedoclimatiche. Nel 2005-06 sono stati effettuati il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche di inquinanti ed il monitoraggio speditivo delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque di torbiera, al fine di quantificare l'effetto del pascolamento sull'idrochimica delle aree umide; tali attività sono state finanziate nell'ambito del progetto Interreg IIIA n. 121 CoGeVa-VAHSA "Conservation Gestion Valorisation - Espaces Protégés Vallée d'Aoste / Haute Savoie".

## 2.4. Cime Bianche

*Sigla:* IT19-004-T

*Status di protezione:* non protetto

*Persona di riferimento:* P. Pogliotti, ARPA Valle d'Aosta

*Enti coinvolti:* Univ. dell'Insubria - DBSF, Univ. degli Studi di Torino - DIVAPRA - Chimica Agraria e Pedologia - LNSA, NatRisk

L'ambiente periglaciale risulta molto suscettibile a variazioni ambientali anche lievi e viene perciò considerato un sensibile indicatore degli effetti dei cambiamenti climatici. Inoltre, le caratteristiche termiche degli ambienti di alta quota sono fortemente influenzate dalle dinamiche stagionali come ad esempio, dall'evoluzione stagionale del manto nevoso. Il sito di Cime Bianche, presso il quale si realizza dal 2006 il monitoraggio del permafrost e dello strato attivo, si trova a 3100 m di quota nella conca di Cervinia.

Il sito è gestito da ARPA Valle d'Aosta. La strumentazione originale, costituita da una stazione meteo automatica, un sistema automatico per la misura in continuo di alcuni parametri fisici del manto nevoso e due catene termometriche collocate entro fori verticali, è stata integrata (nel 2008) da una seconda stazione meteorologica con lo scopo di analizzare la variabilità spaziale dei principali parametri meteorologici (distribuzione dell'altezza del manto nevoso in primis).



### Valtournenche (AO)

Quota: 3100 m s.l.m.  
 T aria media annua\*: -2,92 °C  
 T aria min assoluta\*: -24,4 °C  
 T aria max assoluta\*: +14,32 °C  
 H neve media annua\*\*: 68 cm  
 H neve max\*\*: >220cm (inverno '08/'09)

\* dati relativi agli anni idrologici 2006-2011

\*\* dati relativi agli anni idrologici 2008-2011

Fig. 2.4.1. Sito di Cime Bianche per il monitoraggio del permafrost.

La vicina stazione dell'Aeronautica Militare (Plateau Rosa, 3450 m) consente di disporre delle serie storiche dei principali parametri

meteo-climatici, a partire dal 1972. Le misure automatiche sono accompagnate da misure manuali, di densità e altezza del manto nevoso, in diversi punti del sito. A partire dal 2010, è stata installata una rete di sensori (23) per la misura in continuo della temperatura superficiale del substrato (detrito o suolo) in diversi punti della Conca di Cervinia (tra 2150 m s.l.m. e 3100 m s.l.m.). Tali punti sono stati scelti in modo da rappresentare le condizioni di pendenza, quota ed esposizione più rappresentative, al fine di valutare l'effetto di tali variabili sul regime termico della superficie.

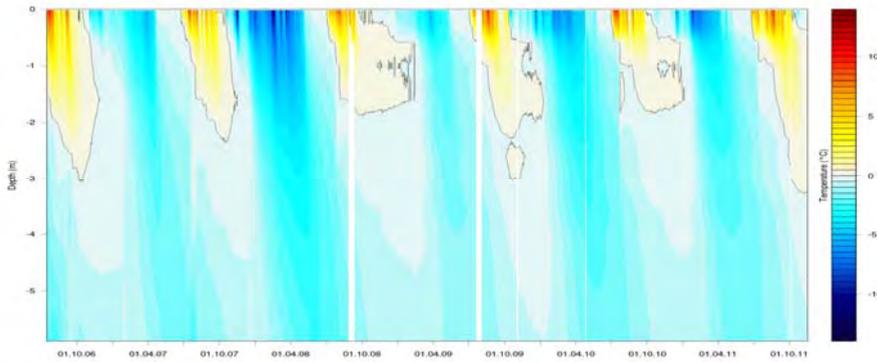


Fig. 2.4.2. Temperature in uno dei fori del sito di Cime Bianche. La linea nera indica l'andamento dell'isoterma 0°C.

Il monitoraggio in continuo del permafrost e dello strato attivo permette di valutare la variabilità interannuale del regime termico ed eventualmente individuare trend nel medio/lungo periodo. I dati raccolti sono poi utilizzati per la calibrazione e/o la validazione di modelli fisici per la simulazione del regime termico superficiale e sub-superficiale a partire dai driver meteorologici misurati in situ (es. GEOTOP)

## 2.5. Tellinod

Sigla: IT19-005-T

Status di protezione: non protetto

Persona di riferimento: E. Cremonese, ARPA Valle d'Aosta

*Enti coinvolti:* Univ. di Milano Bicocca - Laboratorio di Telerilevamento delle Dinamiche Ambientali, Univ. degli Studi di Torino - DIVAPRA - Chimica Agraria e Pedologia - LNSA, NatRisk

Il sito è costituito da una prateria subalpina (dal punto di vista fitosociologico, un nardeto) situato a circa 2100 m s.l.m., nel comune di Torgnon (AO). Le attività di ricerca sono iniziate nell'estate 2008, periodo di installazione della strumentazione per il monitoraggio dei flussi di anidride carbonica (mediante metodo eddy covariance) e di realizzazione delle prime osservazioni fenologiche. Dal 2009 vengono realizzate misure di proximal sensing mediante spettroradiometri e webcam per il monitoraggio delle dinamiche stagionali e dei processi funzionali della vegetazione.



### Torgnon (AO)

Quota: 2160 m s.l.m.  
 T aria media annua\*: +3,1 °C  
 T aria min assoluta\*: -17,3 °C  
 T aria max assoluta\*: +21,8 °C  
 H neve media annua\*: 76 cm  
 H neve max\*: 179 cm (dic. 2008)

\* dati relativi al periodo 2008-2011

Fig. 2.5.1. Pascolo alpino di Tellinod (Torgnon).

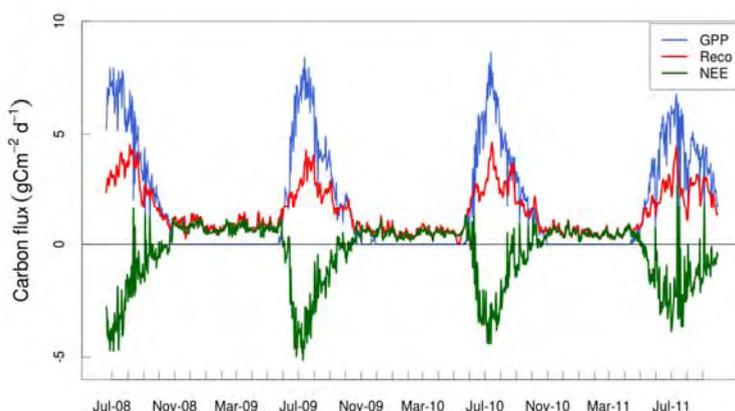


Fig. 2.5.2. Evoluzione temporale delle componenti del ciclo del carbonio: in blu la produttività primaria lorda, in rosso la respirazione dell'ecosistema e in verde lo scambio netto di carbonio.

Dal 2009 sono state avviate misure invernali delle emissioni gassose dal suolo attraverso il manto nevoso. Dal 2010 sono in corso misure in continuo delle emissioni di CO<sub>2</sub> dall'ecosistema (suolo e vegetazione) durante il periodo estivo, mediante camere di respirazione. Il monitoraggio della fenologia del pascolo e della dinamica di sequestro del carbonio permette di evidenziare i principali fattori che governano la produzione vegetale e il ciclo del carbonio.

Particolare attenzione viene rivolta all'effetto che le dinamiche stagionali del manto nevoso (la durata dell'innnevamento e la fusione) possono avere sulla fenologia e di conseguenza sulla capacità di sequestro di carbonio.

## 2.6. Tronchaney

*Sigla:* IT19-006-T

*Status di protezione:* non protetto

*Persona di riferimento:* E. Cremonese, ARPA Valle d'Aosta

*Enti coinvolti:* Università di Milano Bicocca - Laboratorio di Telerilevamento delle Dinamiche Ambientali, Univ. degli Studi di Torino - Dipartimento di Biologia Vegetale e DIVAPRA - Chimica Agraria e Pedologia – LNSA, NatRisk.



### Torgnon (AO)

Quota:	2060 m s.l.m.
T aria media annua*:	+2,31 °C
T aria min assoluta*:	-18,8 °C
T aria max assoluta*:	+22,1 °C
H neve media annua*:	64 cm
H neve max*:	165 cm (dicembre 2008)

\* dati relativi al periodo 2006-2011

Fig. 2.6.1. Foresta di larice di Tronchaney (Torgnon).

Il sito è costituito da un lariceto subalpino situato a circa 2060 m s.l.m., nel comune di Torgnon (AO). Le osservazioni fenologiche (e la

misura locale di alcune variabili meteorologiche) sono state avviate nel 2005. Dal 2006 si effettuano misure in continuo della temperatura del suolo e dall'estate del 2008 alle osservazioni fenologiche sono associate misure di accrescimento radiale (mediante microcarote) e misure di variazione diametrica di alcuni fusti mediante dentrometri automatici. Nel 2010 è stata installata la strumentazione per il monitoraggio dei flussi di anidride carbonica (mediante metodo eddy covariance). Nello stesso periodo è stato installato un dispositivo per la misura delle emissioni gassose dal suolo attraverso il manto nevoso (snow flux tower) insieme a strumenti (lisimetri) per la caratterizzazione chimico-fisica delle acque del suolo. Le finalità perseguite nel sito Tronchaney sono analoghe a quelle evidenziate per il punto 1.6.

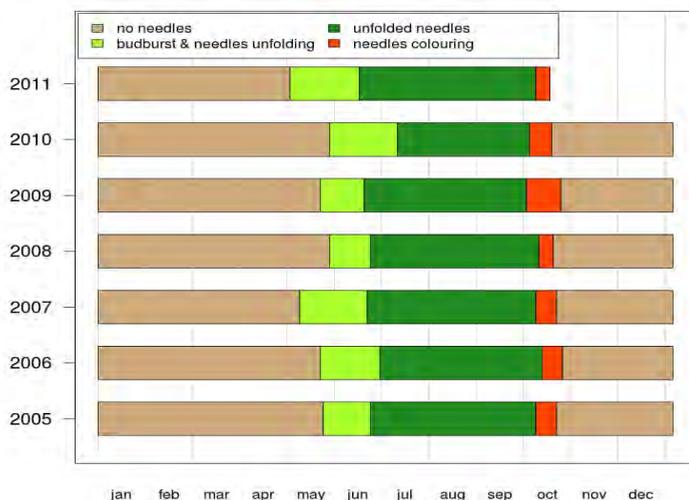


Fig. 2.6.2. Fenogrammi della foresta di larice di Tronchaney nel periodo 2005-2011 (osservazioni su 60 piante).

#### Riferimenti web:

[www.natrisk.org](http://www.natrisk.org) ; [www.arpa.vda.it](http://www.arpa.vda.it)

#### Riferimenti bibliografici:

Barni E., M. Freppaz & S. Consolata. 2007. Interactions between vegetation, roots and soil stability in restored high altitude ski runs on the Western Alps, Italy. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 39, n.1: 25-33

- Busetto L., R. Colombo, M. Migliavacca, E. Cremonese, M. Meroni, M. Galvagno, M. Rossini, C. Siniscalco, U. Morra di Cella & E. Pari. 2010. Remote sensing of larch phenological cycle and analysis of relationships with climate in the Alpine region. *Global Change Biology*, 16, Issue 9: 2504–2517
- Cremonese E., M. Galvagno, L. Ganis, A. Mammoliti Mochet & U. Morra di Cella. 2007/2008. Monitoraggio di inquinanti diffusi in ambiente forestale nel Parco Naturale Mont Avic. *Revue Valdôtaine d'Histoire Naturelle* 61-62: 325-340
- Cremonese E., M. Galvagno, L. Ganis, A. Mammoliti Mochet & U. Morra di Cella. 2007/2008. Monitoraggio delle caratteristiche idrochimiche delle torbiere del Parco Naturale Mont Avic e valutazione del potenziale impatto del pascolamento. *Revue Valdôtaine d'Histoire Naturelle* 61-62: 353-366
- Filippa G., M. Freppaz, D. Liptzin, B. Seok, K. Chowanski, B. Hall, D. Helmig & M.W. Williams. 2009. Winter and summer nitrous oxide and nitrogen oxides fluxes from a seasonally snow-covered subalpine meadow at Niwot Ridge, Colorado. *Biogeochemistry* 95 (1): 131-149
- Filippa G., M. Freppaz, M.W. Williams & E. Zanini. 2010. Major element chemistry in inner alpine snowpacks (Aosta valley Region, NW Italy). *Cold Regions Science and Technology* 64 (2): 158.166
- Freppaz M., M. Marchelli, L. Celi & E. Zanini. 2008. Snow removal and its influence on temperature and N dynamics in alpine soils (Vallée d'Aoste - NW Italy). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 672-680
- Freppaz M., G. Filippa, A. Caimi, G. Buffa & E. Zanini. 2010. Soil and plant characteristics in the alpine tundra (NW Italy). In Gutierrez B. (Ed.), *Tundras: vegetation, wildlife and climate trends*. Nova Publisher, New York, ISBN 978-1-60876-588-1. pp. 81-110
- Freppaz M., M. Maggioni, S. Gandino & E. Zanini. 2008. Snowpack evolution on permafrost, non-permafrost soils, and glaciers in the Monte Rosa Massif (Northwest Alps, Italy). 9th International Conference on permafrost, Fairbanks-Alaska, 29th June – 3rd July 2008. Kane D.L. and Hinkel K.M. (Ed.) pp 79-80
- Galvagno M., M. Migliavacca, E. Cremonese, L. Busetto, S. Cogliati, R. Colombo, G. Manca, M. Meroni, U. Morra di Cella & M. Rossini. 2010. Eddy covariance measurements of annual carbon dioxide exchange in two natural ecosystems of the northwestern Italian Alps. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 12, EGU2010-9575, EGU General Assembly 2010
- Grabherr G., M. Gottfried & H. Pauli. 2010. Climate Change Impacts in Alpine Environments. *Geography Compass* 4/8: 1133-1153
- Maggioni M., M. Freppaz, P. Piccini & E. Zanini. 2009. Snowpack evolution on the Indren glacier (NW Alps, Italy) under different meteorological conditions. *Arctic Antarctic and Alpine Research* vol.41 n.3: 323-329
- Martin M., M. Freppaz, G. Filippa, P. De Poi, F. Dardano & R. Gorra. 2010. Iron-rich snow and water in an Alpine site (NW Italy): effects of soil-snow interaction on microbial redox processes. Conference “Transfers & transformations: our evolving biosphere”, Saskatoon, Canada, 20-24 giugno 2010

- Meroni M., A. Barducci, S. Cogliati, F. Castagnoli, M. Rossini, L. Busetto, M. Migliavacca, E. Cremonese, M. Galvagno, R. Colombo & U. Morra di Cella. 2011. The hyperspectral irradiometer, a new instrument for long-term and unattended field spectroscopy measurements. *Rev. Sci. Instrum.* 82, doi:10.1063/1.3574360
- Migliavacca M., E. Cremonese, R. Colombo, L. Busetto, M. Galvagno, L. Ganis, M. Meroni, E. Pari, M. Rossini, C. Siniscalco & U. Morra di Cella. 2007. European Larch phenology in the Alps: can we grasp the role of ecological factors by combining field observations and inverse modelling? *International Journal of Biometeorology* 52:587–605
- Migliavacca M., M. Galvagno, E. Cremonese, M. Rossini, M. Meroni, O. Sonntag, S. Cogliati, G. Manca, F. Diotri, L. Busetto, A. Cescatti, R. Colombo, F. Fava, U. Morra di Cella, E. Pari, C. Siniscalco, A. Richardson. 2011. Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO<sub>2</sub> uptake. *Agricultural and Forest Meteorology* 151, 10: 1325-1337
- Moeckel C., L. Nizzetto, A. Di Guardo, E. Steinns, M. Freppaz, G. Filippa, P. Camporini, J. Benner & K.C. Jones. 2008. Persistent organic pollutants in boreal and montane soil profiles distribution, evidence of processes and implications for cycling. *Environ. Sci. Technol.* 42: 8374-8380
- Morra di Cella U., E. Cremonese, P. Pogliotti & M. Guglielmin. 2010. The permafrost monitoring site of Cime Bianche Pass (3100 m, Aosta Valley, Italy). Third European Conference on Permafrost, June 13-17, 2010 - Longyearbyen, Svalbard
- Pecci M., P. D'Aquila, M. Valt, V. Cagnati, T. Corso, A. Praolini, E. Meraldi, F. Berbenni, G. Kappenberger, M. Freppaz, P. Della Vedova & G. Filippa. 2009. La qualità ambientale della neve in trincea. *Neve e Valanghe* 66: 32-41
- Pogliotti P., E. Cremonese & U. Morra di Cella. 2009. Studio del Permafrost Alpino in Valle d'Aosta. *Nimbus* 53-54 Anno XV - N. 3/4 Luglio-Dicembre 2007 N° 2/2009. SMI edizioni
- Rigon R., G. Bertoldi & T.M. Over. 2006. GEOTop: A distributed hydrological model with coupled water and energy budgets. *Journal of Hydrometeorology* 7(3): 371–388.

### 3 Foreste delle Alpi

*C. Cindolo, M. Confalonieri, R. Motta, S. Minerbi, E. Calvo, E. Pompei*

*Sigla del Sito:* IT02-000-T

*Persona di contatto:* C. Cindolo, CFS, c.cindolo@corpoforestale.it

Il sito Foreste delle Alpi comprende cinque siti di ricerca in foreste subalpine e montane dell'arco alpino caratterizzate da Peccete primarie e secondarie, tra 800 e 2000m s.l.m., e da popolamenti misti a Larice e Cembro alle quote più elevate. Quattro siti, LOM1-Val Masino, BOL1-Renon, TRE1-Passo Lavazè e FRI2-Tarvisio, sono aree permanenti, distribuite dalla Lombardia al Friuli V. Giulia, incluse nel Programma CONECOFOR, ramo nazionale delle Reti Internazionali ICP Forests e ICP IM coordinato dal CFS - Div. 6a. Il quinto sito di ricerca, Valbona, all'interno della Foresta Demaniale di Paneveggio, è gestito dalla Provincia Autonoma di Trento con la responsabilità scientifica dell'Università di Torino.

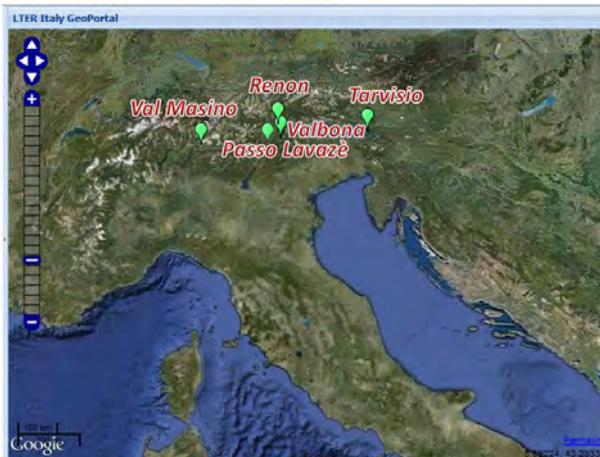


Fig. 3.1. I siti di ricerca del sito LTER Foreste delle Alpi.

Nelle aree CONECOFOR da oltre 15 anni si raccolgono dati secondo i protocolli ICP Forests e ICP IM. Valbona è studiata da tempo: la prima descrizione della pecceta di Paneveggio è del 1853 (Wessely).

### 3.1. LOM1 Val Masino

*Sigla:* IT02-001-T

*Status di protezione:* zona SIC: IT2040019 e ZPS: IT2040601

*Persona di riferimento:* E. Calvo, ERSAF - Regione Lombardia

*Enti coinvolti:* C.F.S., C.R.A., C.N.R., Istituto di Ricerche Ambiente Italia, Linnae-ambiente Srl, Univ. degli Studi di Camerino, Univ. di Firenze, TerraData Environmentalmetrics Srl.



#### **Bagni di Masino - Val Masino (SO)**

Lat. 46,23778 Lon. 9,55444

Altitudine: 1190 m s.l.m.

Esposizione: 20° WNW

Temp. media annua: 8 °C

Precipitaz. media annua: 1300 mm

Substrato: graniti

Suolo: *Humic cambisols*

Associazione vegetale: *Veronico urticifoliae - Piceetum* (Ellemborg & Klotzli 1972)

EUNIS: G3.1 Fir and Spruce woodland

Fig. 3.1.1. Area CONECOFOR di monitoraggio permanente in Val Masino (SO)

L'area permanente LOM1 Val Masino è caratterizzata da una pecceta montana ad alto fusto posta all'interno della Foresta Regionale Demaniale "Bagni di Masino", nel Comune di Val Masino (SO). Insieme ad altre due aree lombarde non incluse nella Rete LTER Italia, fa parte del Programma CONECOFOR dal 1995 e rientra nelle Reti Europee di monitoraggio forestale ICP Forests e ICP IM dell'Unione Europea. E' stata inclusa nel sito LTER Italia, Foreste delle Alpi, sin dal 2006. Vi si svolgono prevalentemente attività di monitoraggio forestale finanziate dall' UE, dal CFS e dalla Regione Lombardia. Il plot di monitoraggio CONECOFOR è costituito dalla parcella sperimentale recintata di 50X50 m più una parcella di controllo, selezionate entrambe in un'area omogenea più vasta dove è posizionata una stazione meteo *open field*. Nell'area vengono condotte indagini per comprendere le interazioni tra inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici ed ecosistemi forestali. Le ricerche in corso sono: meteorologia, chimica delle deposizioni atmosferiche, condizione delle chiome, vegetazione, fenologia degli alberi, accrescimenti arborei, struttura fore-

stale, caratteristiche fisico-chimiche dei suoli e soluzioni circolanti, contenuto chimico delle foglie, danni da ozono, telerilevamento, biodiversità. L'area è stata inclusa nel Progetto LIFE+ "FUTMON" 2009-2010 e nel Progetto LIFE+ "EnvEurope" 2010-2013. Le ricerche si svolgono secondo protocolli standardizzati ICP Forests - FUTMON e ICP IM.

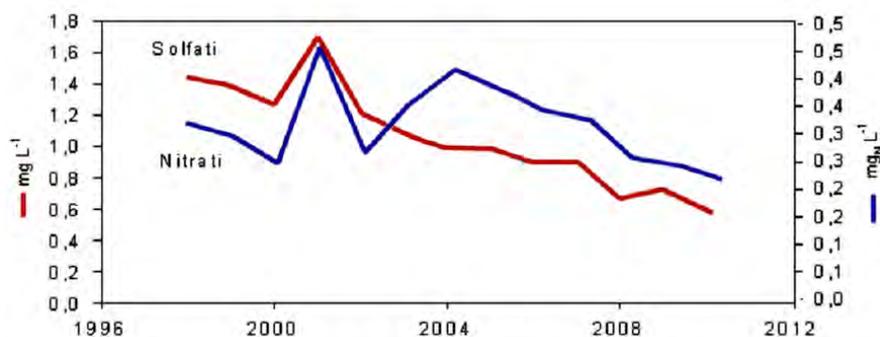


Fig. 3.1.2. Trend di solfati e nitrati nelle deposizioni atmosferiche, a seguito della riduzione delle emissioni di inquinanti (A. Marchetto, R. Balestrini, D. Tait, comunicazione personale).

### 3.2. BOL1 Renon

*Sigla:* IT02-002-T

*Status di protezione:* il Sito è incluso nel Piano Paesistico di Renon.

*Persona di riferimento:* S. Minerbi, Provincia Autonoma di Bolzano

*Enti coinvolti:* Ripartizione Foreste, Agenzia per l'ambiente. C.F.S, C.R.A., C.N.R., Istituto di Ricerche Ambiente Italia, Linnaeambiente Srl, Univ. degli Studi di Camerino, Univ. di Firenze, TerraData Environmetrics Srl.

L'area permanente BOL1 - Renon è caratterizzata da una pecceta subalpina (età 120-140 anni) situata nel sud-Tirolo a circa 12 km a N-E dalla città di Bolzano. Il sito è collocato su un plateau porfirico tra l'ampia valle del fiume Inarco e quella, più stretta, del fiume Sarentino. Il suolo omogeneo è classificato come Haplic Podsol (def. FAO) e la vegetazione arborea, di origine naturale, è utilizzata per la produzione di legna. La vegetazione erbacea e suffruticosa comprende: *Deschampsia flexuosa* Trin., *Oxalis acetosella* L., *Melampyrum sylvati-*

*cum* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Rhododendron ferrugineum* L.



**Corno del Renon - BZ**

Lat. 46,58778 Lon. 11,43472

Altitudine: 1735 m s.l.m.

Esposizione: 35° SW

Temp. media annua: 4°C

Precipitaz. media annua: 1010 mm

Morfol.: Versante montano su altipiano

Suolo: *Haplic Podsol*

Pecceta subalpina (*Homogyno-Piceetum*)

EUNIS: G3.1 Fir and Spruce woodland

Fig. 3.2.1. Area CONECOFOR di monitoraggio permanente BOL1. Campionatori *bulk* delle deposizioni atmosferiche. (Fonte CFS, Div. 6a).

Fa parte delle Reti europee ICP Forests e ICP IM (cod. 01), oltreché della Rete LTER. Entrata nella Rete CONECOFOR nel 1995, vi si svolgono attività di monitoraggio forestale e ricerca co-finanziate dall'UE, dal CFS e dalla Provincia Autonoma di Bolzano che ne cura alcune ricerche e la gestione.

Dal 1997 il Dipartimento Forestale della Provincia ha posizionato una stazione di Eddy Covariance sul sito Renon al fine di monitorare continuamente flussi di Carbonio e Vapore acqueo e bilanci e flussi di energia secondo i protocolli CARBOFLUX e poi CARBOEUROFLUX (P.Q. IV E V).

L'area è stata inclusa nei Progetti LIFE+ "FutMon" 2009-2010 ed "EnvEurope" 2010-2013 e nei principali progetti internazionali di ricerca sul clima, effetto serra ed inquinamento ambientale: *GHG Europe* (Progetto europeo nell'ambito del 7° Programma Quadro 2010-2012; *FLUXNET* (6° Programma Quadro); *IGBP* (International Geosphere-Biosphere Programs); *GTOS* (Global Terrestrial Observing System). Nell'area vengono condotte ricerche e monitoraggio a lungo termine per comprendere le interazioni tra inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici ed ecosistemi forestali secondo protocolli standardizzati ICP Forests – FUTMON e ICP IM



Fig.3.2.2. La stazione di misurazione *eddy covariance* permette di rilevare il "respiro del bosco" cioè lo scambio gassoso di CO<sub>2</sub> e vapore acqueo tra atmosfera ed ecosistema forestale. (fonte Prov. Aut. di Bolzano – Ripartizione Foreste).

Il plot di monitoraggio CONECOFOR è costituito dalla parcella sperimentale recintata di 50X50 m più una parcella di controllo, selezionate entrambe in un'area omogenea più vasta dove è posizionata una stazione meteo *open field*. Le ricerche in corso sono: meteorologia, chimica delle deposizioni atmosferiche, condizione delle chiome, scambi gassosi, vegetazione, fenologia degli alberi, accrescimenti arborei, struttura forestale, caratteristiche fisico-chimiche dei suoli e soluzioni circolanti, contenuto chimico delle foglie, danni da ozono, telerilevamento, biodiversità, tipologia forestale, paesaggio. CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O Balance. I rilievi floristici e faunistici condotti dal 1992, con particolare riguardo ai gruppi di artropodi, micromammiferi e macromiceti, offrono inoltre significative indicazioni ai fini della biodiversità e della bioindicazione.

### 3.3. TRE1 Passo Lavazè

*Sigla del Sito:* IT02-003-T

*Persona di riferimento:* M. Confalonieri, Prov. autonoma di Trento – Servizio foreste e fauna, mauro.confalonieri@provincia.tn.it

*Status di protezione:* nessuna. Pianificazione forestale dal 1950; 2 siti Natura 2000 adiacenti.

*Enti coinvolti:* Provincia autonoma di Trento – Servizio Foreste e fauna, Fondazione E.Mach – Centro Trasferimento Tecnologico; C.F.S, C.R.A., C.N.R., Istituto di Ricerche Ambiente Italia, Linnaeambiente Srl, Univ. degli Studi di Camerino, Univ. di Firenze, TerraData Environmetrics Srl.

L'area permanente TRE1 - Passo Lavazè si trova all'interno della foresta situata nei pressi di Passo Lavazè (TN) (circa 1800 m s.l.m.) ed è caratterizzata da una pecceta subalpina di particolare interesse sia perché costituita dalla specie forestale più rappresentativa in provincia di Trento, *Picea excelsa*, sia perché, pur essendo posta a notevole distanza dalle principali fonti di inquinamento, è sensibile ai cambiamenti ambientali anche lievi, in quanto prossima ai limiti della vegetazione.

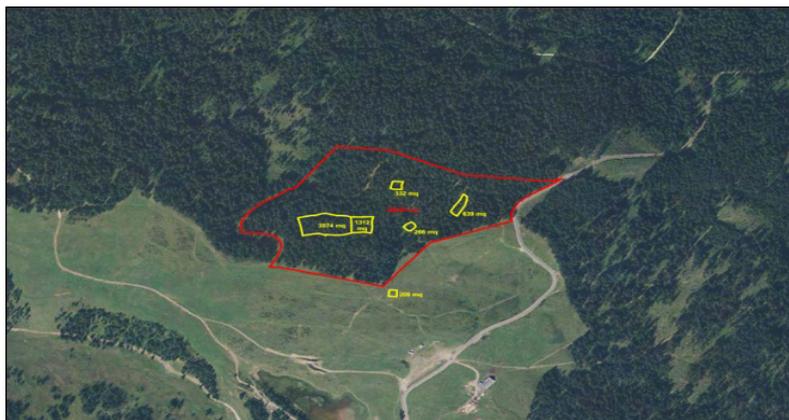


Fig. 3.3.1. Immagine del sito. (Fonte M. Confalonieri - Prov. Aut. Di Trento – Serv. Foreste e Fauna).

Si tratta di una foresta disetanea di origine naturale, a rinnovazione naturale nei vuoti prodotti dai tagli a buche, gestita attraverso strumenti di pianificazione forestale fin dal 1950. Questa fustaia è prevalentemente caratterizzata da *Picea excelsa* L. e poco *Pinus cembra* L. Il sottobosco è per lo più costituito da *Vaccinium myrtillus* L., *Rhododendron ferrugineum* L., *Fragaria vesca* L., *Pyrola minor* L.. Adiacente al bosco vi è una zona umida di alto valore naturalistico e molto vicino vi sono due aree Natura 2000. Installata nel 1992 nell'ambito del programma internazionale ICP-IM, è entrata nella Rete CONE-COFOR nel 1995 e successivamente nella rete LTER. Vi si svolgono attività di monitoraggio forestale e ricerca co-finanziate dal CFS, anche nell'ambito di progetti europei (LIFE+ "FutMon" 2009-2010 - "EnvEurope" 2010-2013) e dalla Provincia Autonoma di Trento.

**TRE1 - Passo Lavazè**

Lat. 46,36056 Lon. 11,49417

Provincia di Trento

Proprietà: Com. Daiano

Quota 1780 m s.l.m.

Precipitaz.media annua: 1100mm

Temp. Media annua: 3,9°C

Substrato: porfidi quarzosi

Tipo di suolo: Podzol

Ppcceta subalpina

Area del sito di ricerca: 9,5 ha

EUNIS: G3.1 Fir and Spruce

Fig. 3.3.2. Passo Lavazè (Fonte M. Confalonieri - Prov. Aut. Di Trento, Serv. Foreste e Fauna).

Quest'ultima ne coordina e cura alcune ricerche e la gestione. Nell'area vengono condotte ricerche per comprendere le interazioni tra inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici ed ecosistemi forestali. Le attività e le ricerche in corso sono svolte in collaborazione con Fondazione E.Mach - Istituto Agrario di S. Michele all'Adige. Ricerche in corso: analisi meteorologiche, chimica delle deposizioni atmosferiche, condizione delle chiome, vegetazione, fenologia degli alberi, accrescimenti arborei, struttura forestale, caratteristiche fisico-chimiche dei suoli e soluzioni circolanti, contenuto chimico delle foglie, danni da ozono. Altre attività di ricerca: approfondimento su alcuni gruppi di insetti, licheni epifiti, tipologia forestale, paesaggio. Analisi faunistiche su Micromammiferi e analisi su Macromiceti.



Fig. 3. Stazione meteo "in the plot" – Lisimetri a gravità a differenti profondità.

### 3.4. FRI2 Tarvisio

*Sigla:* IT02-004-T

*Status di protezione:* nessuna

*Persona di riferimento:* gestita dall'Uff. Territoriale per la Biodiversità (UTB) del CFS di Tarvisio (UD). Referente E. Pompei, Div. 6a Ispettorato Generale del CFS

*Enti coinvolti:* C.F.S., C.R.A., C.N.R., Istituto di Ricerche Ambiente Italia, Linnae-ambiente Srl, Univ. Studi Camerino, Univ. Firenze, TerraData Environmetrics Srl.



**Rutte, Udine, Friuli Venezia Giulia**

Lat. 46,48944 Lon. 13,59333

Altitudine: 820 m s.l.m.

Esposizione: 10° NW

Temp. Media annua: 8 °C

Precipitaz. media annua: 1500 mm

Substrato: rocce metamorfiche

Suolo: *Haplic Luvisols*

Associaz. vegetale: Pecceta montana

EUNIS: G3.1 Fir and Spruce woodland

Fig. 3.4.1. Area CONECOFOR di monitoraggio permanente al Tarvisio.

L'area permanente FRI2 - Tarvisio è caratterizzata da una pecceta montana ad altofusto posta all'interno della Foresta Demaniale del Tarvisio. Fa parte della Rete Europea ICP Forests, oltrechè della Rete LTER. Entrata nella Rete CONECOFOR nel 1995, vi si svolgono attività di monitoraggio forestale e ricerca finanziate dal CFS attraverso fondi europei e nazionali.

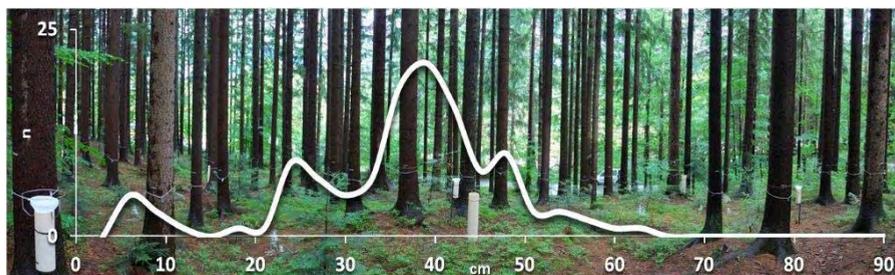


Fig. 3.4.2. Trend di crescita arboreo negativo tra il 1997-2010; i quattro successivi inventari (1997; 2000; 2005; 2010) descrivono un rallentamento del tasso di crescita in media del 27%. (Bertini et al, 2011).

Il plot di monitoraggio CONECOFOR è costituito dalla parcella sperimentale recintata di 50X50 m più una parcella di controllo, selezionate entrambe in un'area omogenea più vasta dove è posizionata una stazione meteo *open field*.

Nell'area vengono condotte indagini per comprendere le interazioni tra inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici ed ecosistemi forestali. Le ricerche in corso sono: meteorologia, chimica delle deposizioni atmosferiche, condizione delle chiome, vegetazione, fenologia degli alberi, accrescimenti arborei, struttura forestale, caratteristiche fisico-chimiche dei suoli e soluzioni circolanti, contenuto chimico delle foglie, danni da ozono, telerilevamento, biodiversità. L'area è stata inclusa nel Progetto LIFE+ "FUTMON" 2009-2010 e nel Progetto LIFE+ "EnvEurope" 2010-2013. Le ricerche si svolgono secondo protocolli standardizzati ICP Forests - FUTMON.

### 3.5. Riserva della Valbona

*Sigla:* IT02-005-T

*Status di protezione:* Riserva situata all'interno del Parco Naturale di Paneveggio-Pale di S. Martino.

*Persona di riferimento:* R. Motta, Univ. degli studi di Torino

*Enti coinvolti:* Prov. autonoma di Trento – Servizio Foreste e fauna, Parco Naturale di Paneveggio-Pale di S. Martino, Univ. degli Studi di Torino



#### **Riserva della Valbona**

Lat. 46,30 Lon. 11,75

Comune amm.: Siror

Proprietà: Prov. Aut. di Trento

Quota 1560-1880 m s.l.m.

Precipitaz. media annua: 1204 mm

T. media annua: 4,5°C

Tipo di suolo: Podzol

Tipologia for.: pecceta subalpina.

Area del sito di ricerca: 123 ha

Fig. 3.5.1. Valbona e Pale di S. Martino. Fonte: R. Motta, Univ. di Torino.

La Riserva della Valbona ha una estensione di 123 ha ed è situata nelle foresta di Paneveggio ed è caratterizzata, nella maggior parte della sua estensione, da una pecceta subalpina che ai limiti altitudinali superiori sfuma in un bosco misto con abete rosso, larice, pino cembro e localizzati popolamenti di pino mugo. La Riserva è stata istituita nel 1990 in un settore della foresta fertile ma poco disturbato dall'uomo negli ultimi decenni. La Riserva è suddivisa in un settore di Riserva Integrale (73,7 ha, circa il 65% della superficie), dedicata al monitoraggio ed alla ricerca, ed in settore di Riserva orientata dedicato alla ricerca selvicolturale. Le ricerche di carattere ecologico-selvicolturale sono iniziate già a partire dall'inizio del XIX° secolo quando la foresta era proprietà dell'Impero austriaco. La foresta è nota a livello mondiale per la produzione di legno di risonanza utilizzato per la produzione di strumenti musicali già a partire dal XVII° secolo. Le foreste sono di origine naturale ma sono state gestite dall'uomo per secoli. Nella Riserva il disturbo antropico è stato limitato nell'ultimo secolo. La Foresta di Paneveggio ha una delle più lunghe serie di Piani di assestamento forestale delle Alpi italiane (1874-2005).

Nelle 7 aree di monitoraggio intensivo (ciascuna di circa 1 ha di superficie) gli alberi con diametro maggiore di 7.5 cm a 130 cm di altezza sono mappati (oltre 3000 individui) e sono previsti inventari periodici (1994; 2004). Sono effettuate misure di incremento, natalità, mortalità, variazioni strutturali (altezza, proiezione delle chiome), legno morto (tipo, quantità e grado di decomposizione), rinnovazione (numero di individui, vitalità, presenza di danni). Annualmente viene analizzata (con trappole disposte in 32 siti, disposte in tre settori altitudinali all'interno della Foresta) la produzione seme (quantità, qualità e grado di germinazione dal 1962-2011) e, in un'area di studio localizzata all'interno della Riserva orientata, la produzione individuale di strobili (in 13 individui 1985-2011). L'impatto degli ungulati selvatici sulla rinnovazione forestale (1995-2005) è monitorato nell'intero Parco Naturale Paneveggio-Pale di S. Martino mediante 225 punti di campionamento permanenti. Il Parco effettua ricerche e censimenti faunistici sulle specie ungulate e ricerche sui tetraonidi (ed in particolare sul gallo cedrone).

Ricerche in corso: dinamica forestale, rinaturalizzazione delle foreste sottratte alla gestione ordinaria, ecologia dell'abete rosso, impatto

degli ungulati sulla rinnovazione forestale, competizione all'interno di popolamenti monospecifici, indicatori di naturalità (licheni). Altre attività di ricerca: ricerche sulla produzione di seme in larice e pino cembro e sul ruolo dei disturbi naturali nelle foreste del piano subalpino (in collaborazione con il Centre for Bio-Archaeology and Ecology, Institut de Botanique, Università di Montpellier, France). Ecologia del gallo cedrone (Parco Naturale di Paneveggio-Pale di S. Martino e Università di Friburgo).



Fig. 3.5.2. Trappola per la raccolta di semi. Albero marcato in area di monitoraggio permanente.

#### Riferimenti web:

[www.unece.org/env/lrtap/workinggroups/wge/im.html](http://www.unece.org/env/lrtap/workinggroups/wge/im.html);  
[www.ersaf.lombardia.it/servizi/notizie/notizie\\_homepage.aspx](http://www.ersaf.lombardia.it/servizi/notizie/notizie_homepage.aspx);  
[www3.corpoforestale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/443](http://www3.corpoforestale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/443);  
[icp-forests.net/](http://icp-forests.net/); [www.foreste.provincia.tn.it](http://www.foreste.provincia.tn.it);  
[www.provincia.bz.it/foreste/bosco-legno-malghe/2198.asp](http://www.provincia.bz.it/foreste/bosco-legno-malghe/2198.asp);  
[www.iasma.it](http://www.iasma.it); [www.parcopan.org](http://www.parcopan.org); [www.agroselviter.unito.it](http://www.agroselviter.unito.it)

#### Riferimenti bibliografici:

Allavena S., R. Isopi, B. Petriccione, E. Pompei. 1999. Programma Nazionale Integrato per il Controllo degli Ecosistemi Forestali. Primo rapporto. 1999. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali (Roma).  
 Allavena S., R. Isopi, B. Petriccione, E. Pompei. 2000. Programma Nazionale Integrato per il Controllo degli Ecosistemi Forestali. Secondo rapporto. 2000. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (Roma).  
 Ambrosi P., M. Bertagnolli, M. Confalonieri, N. La Porta, F. Marchetti, G. Maresi, S. Minerbi, C. Salvadori, R. Valentinotti. 2002. Eight years of integrated

- monitoring in Alpine forest ecosystems of Trentino and South Tyrol, Italy. *Journal of Limnology* 61 (suppl. 1): 137-147.
- Bertini G., T. Amoriello, G. Fabbio, M. Piovosi. 2011. Forest growth and climate change: evidences from the ICP-Forests intensive monitoring in Italy. *iforest* 2011.
- Castagneri D., E. Lingua, G. Vacchiano, P. Nola, & R. Motta. 2010. Diachronic analysis of individual-tree mortality in a Norway spruce stand in the eastern Italian Alps *Annals of Forest Science* 67(3): 304p301-304p308.
- European Environment Agency. 2007. European forest types. Categories and types for sustainable forest management reporting and policy. Technical Report no. 9/2006, 2nd Edition, Copenhagen, Denmark.
- Ferretti M. 2010. Harmonizing forest inventories and forest condition monitoring – the rise or the fall of harmonized forest condition monitoring in Europe. *iForest* 3:1-4 .
- Ferretti M., F. Bussotti, G. Fabbio & B. Petriccione (a cura di). 2003. Ozone and forest ecosystems in Italy. Second report of the Task Force on Integrated and Combined (I&C) evaluation of the CONECOFOR programme. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Special Issue (Arezzo), 30, Suppl. 1: 128 p.*
- Ferretti M., B. Petriccione, G. Fabbio, & F. Bussotti. 2006. Aspects of biodiversity in selected forest ecosystems in Italy: status and changes over the period 1996-2003. Third Report of the Task Force on Integrated and Combined (I&C) evaluation of the CONECOFOR programme. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Special Issue, 30, Suppl. 2: 112 pp.*
- La Porta N., M. Confalonieri, M. Donini, A. Aiardi, & M. Floriani. 2009. Funghi a sentinella - Il monitoraggio dei macromiceti come indicatori della biodiversità forestale nelle alpi. *Natura Alpina*. Ed. Museo Tridentino di Scienze Naturali: 19-30.
- Motta R., R. Berretti, D. Castagneri, E. Lingua, P. Nola, & G. Vacchiano. 2010. Stand and coarse woody debris dynamics in subalpine Norway spruce forests withdrawn from regular management. *Ann. For. Sci.* 67(8): 803p801-803p808.
- Motta R., R. Berretti, E. Lingua, & P. Piussi. 2006. Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps. *Forest Ecology and Management* 235(1-3): 155-163.
- Motta R., P. Nola, & P. Piussi. 2002. Long-term investigations in a strict forest reserve in the eastern Italian Alps: spatio-temporal origin and development in two multi-layered subalpine stands. *Journal of Ecology* 90(3): 495-507.
- Nascimbene J., L. Marini, M. Carrer, R. Motta, & P.L. Nimis. 2008. Influences of tree age and tree structure on the macrolichen *Letharia vulpina*: a study case in the Italian Alps. *Ecoscience* 15(4): 423-428
- Salvadori C., G. Maresi, M. Confalonieri, & S. Minerbi. 2009. Forest health monitoring programs in Trentino-South Tyrol: results and perspectives after 18 years. Long-term ecosystem research: Understanding the present to shape the future. International conference. Zurich (CH) 7-10/09/2009. Poster.

## 4 Foreste degli Appennini

G. Matteucci, E. Pompei, R. Canullo

Sigla: IT003-000-T

Persona di contatto: G. Matteucci, CNR, Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo & Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale, [giorgio.matteucci@cnr.it](mailto:giorgio.matteucci@cnr.it)

Il sito comprende tre siti di ricerca degli Appennini Centrali e Meridionali, caratterizzati principalmente da boschi a *Fagus sylvatica* L., tra 800 e 1700 m s.l.m. (fascia subatlantica) e praterie di quota. Il sito di Collelongo - Selva Piana (AQ), è gestito in collaborazione dall'IBAF - CNR e dal CONECOFOR - CFS e vi si svolgono ricerche di ecologia forestale, in terazioni foresta-atmosfera, risposta ai cambiamenti climatici, biodiversità. E' Area Permanente della Rete CONECOFOR, così come il sito di Piano Limina (VV), gestito dal CONECOFOR - CFS, dove vengono condotti i rilievi tipici del livello II del programma ICP-Forests. Il terzo sito è una Riserva Naturale Statale gestita dal Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Univ. degli Studi di Camerino. Dalla metà degli anni 70, vi si svolgono ricerche di dinamica della vegetazione, pattern di cambiamento di uso del suolo, biodiversità vegetale e faunistica.

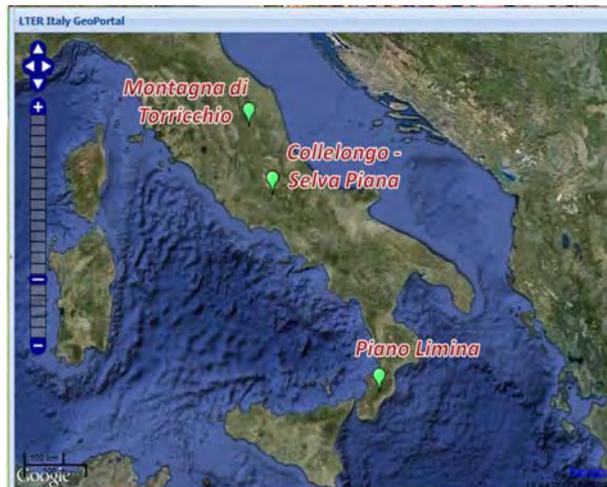


Fig. 4.1. I siti di ricerca del Sito LTER Foreste degli Appennini.

## 4.1. Collelongo - Selva Piana

*Sigla:* IT003-001-T

*Status di protezione:* non specifico.

*Persona di riferimento:* G. Matteucci, CNR, Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo & Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale.

*Enti coinvolti:* CFS, Servizio II, Div.6<sup>a</sup>, Ufficio Conecofor; Univ. della Tuscia, Dip. per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali; CNR, Ist. per lo Studio degli Ecosistemi; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Selvicoltura, Arezzo, - Relazioni Pianta-Suolo, Roma; Univ. Camerino, Dip. di Scienze Ambientali; Univ. Firenze, Dip. Scienze delle Produzioni Vegetali, del Suolo e dell'Ambiente Agroforestale; Istituto di Ricerche Ambiente Italia, Milano; TerraData Environmetrics, Siena.

Il sito di ricerca Collelongo - Selva Piana (AQ) è situato in una faggeta tipica degli Appennini Centrali (Fig. 4.1.1), quasi interamente ricadente nelle proprietà del demanio comunale di Collelongo, storicamente sottoposta, sino al periodo bellico, a ceduzioni. Attualmente è una fustaia gestita, coetaniforme a struttura irregolare. Il Piano di Assestamento decennale è scaduto a inizio anni 2000.



### Collelongo - Selva Piana (AQ)

Lat. 41,849 Lon. 13,588

Altitudine: 1500 – 1700 m s.l.m.

Suolo: Andic Umbrisols e Fulvic Andosols, substrato vulcanico - calcareo

Precipitazione media: 1088 mm

Temperatura media: 7,1°C

Specie arborea: bosco puro o quasi puro di *Fagus sylvatica* L.

Superficie: 200 ha (area vasta); 0,7 ha (plot di ricerca e monitoraggio)

EUNIS: G1.68 Southern Italian beech forest (EEA 2007)

Fig. 4.1.1. Immagine dell'area vasta (al centro della foto) e caratteristiche principali del sito Collelongo – Selva Piana.

Il sito è stato installato nel 1991-92 dal Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse (DISAFRI) dell'Università degli Studi della Tuscia, su iniziativa e sotto il coordinamento di G. Scarascia Mugnozza e di R. Valentini, per studiare

l'ecologia e la selvicoltura delle faggete nell'ambito del progetto finalizzato CNR RAISA (1991-95). Nel 1993 vi è stata installata la prima torre in Europa per la misura dello scambio di carbonio, vapor acqueo ed energia tra bosco e atmosfera. Nel 1995-96 diventa un sito di livello II (intensivo) della rete di monitoraggio delle condizioni degli ecosistemi forestali CONECOFOR, branca italiana della rete europea ICP-Forests e, contemporaneamente, della rete ICP-Integrated Monitoring. Dal 1996 è inserito, tramite progetti europei, nelle reti di ricerca sui flussi a scala di ecosistema (Euroflux, CarboEuroflux, Carbo-Europe-IP, GHG-Europe, FluxNet) e, fino al 2000, è uno dei siti principali del Centro di Eccellenza "Foreste e Clima" del DISAFRI. Nel 2003 è uno dei siti della rete ENFORS "*European Network for Long-Term Forest Ecosystem and Landscape Research*". Dal 2007 al 2011 è sito di livello I (*background site*) del progetto europeo NitroEurope. Il sito è stato gestito dal DISAFRI dell'Univ. della Tuscia sino al 2004, quando è passato sotto la responsabilità ed il coordinamento dell'Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale del CNR (Giorgio Matteucci). Nell'ambito di progetti europei e collaborazioni, le ricerche hanno coinvolto numerosi gruppi internazionali.

Le tematiche di ricerca spaziano dall'ecologia delle faggete, con particolare riguardo alla produttività primaria (dal 1992), all'ecofisiologia del faggio, anche in relazione all'uso delle risorse luce e nutrienti, al monitoraggio di lungo termine (dal 1996) del microclima, del suolo, delle deposizioni atmosferiche, delle concentrazioni di ozono e della crescita. Per la biodiversità, viene seguita annualmente quella vegetale (dal 1996), mentre sono stati svolti rilievi per quanto riguarda i funghi e le micorrize e l'avifauna, anche in relazione alle diverse strutture forestali. Di particolare rilievo le ricerche sullo scambio di carbonio tra bosco e atmosfera (dal 1993) che hanno evidenziato come la faggeta di Collelongo assorba attivamente carbonio ( $6.04 \pm 1.36 \text{ tC ha}^{-1}$ ) con valori più bassi nelle annate secche. La lunghezza della stagione riveste un ruolo importante, con rilevante variabilità interannuale. Nel corso degli anni, si è vista una tendenza al prolungamento pre-autunnale. La produttività primaria è uno dei processi ecologici studiati con maggior dettaglio e continuità a Collelongo, con misure che riguardano tutte le componenti, inclusa quella radicale. La produzione allocata al legno è risultata declinare nell'ultimo rilievo

quinquennale (2007), probabilmente per un aumento di competizione e per un susseguirsi di annate secche. Una delle serie di maggiore durata è quella dell'apporto di lettiera, che viene riportata in figura 4.1.2, con la produzione di foglie che varia tra 250 e 350 g m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup> e la forte variabilità interannuale della componente legnosa, legata soprattutto all'innevamento che può determinare maggiori rotture di rami.

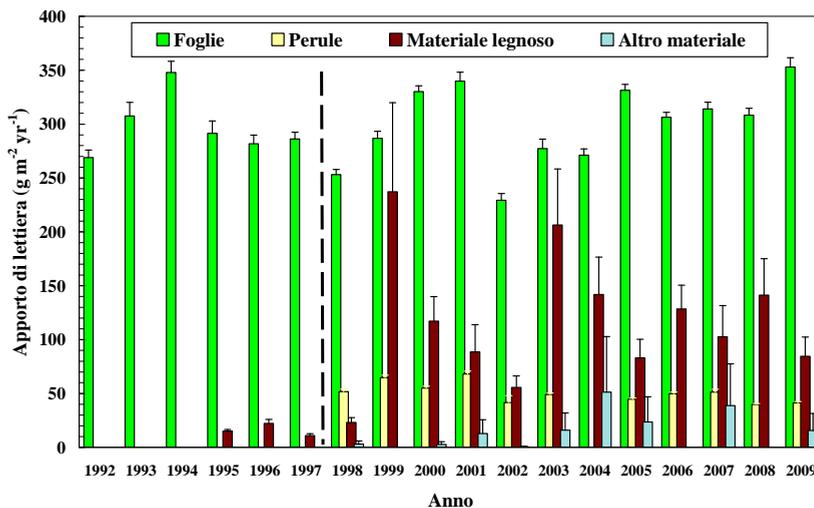


Fig. 4.1.2. Apporto di lettiera nelle sue diverse componenti. Nel 1998 la raccolta delle componenti non fogliari è diventata più regolare.

Attualmente le ricerche proseguono con l'obiettivo di valutare le dinamiche ecologiche a lungo termine, con particolare enfasi per la risposta al clima della produttività e dello scambio di carbonio. Su questo aspetto, le indagini sono volte ad approfondire l'allocazione del carbonio assorbito alle diverse componenti ed al ruolo del carbonio nel suolo. L'accesso ai dati è generalmente concesso su richiesta motivata per i dati validati. Alcuni dati sono di libero accesso, scaricabili da database internazionali. I dati di monitoraggio vanno richiesti al CFS che autorizza l'uso previa citazione della fonte, mentre i dati relativi a produttività e altre variabili ecologiche vanno richiesti al CNR-IBAF.

## 4.2. Piano Limina

*Sigla:* IT003-002-T

*Status di protezione:* non specifico.

*Persona di riferimento:* E. Pompei, CFS, Servizio II, Div.6<sup>a</sup>, Ufficio Conecofor

*Enti coinvolti:* CNR, Ist. per lo Studio degli Ecosistemi; CNR, Ist. di Biologia Agro-ambientale e Forestale; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura – Selvicoltura, Arezzo, - Relazioni Pianta-Suolo, Roma; Univ. di Camerino, Dip. di Scienze Ambientali; Univ. di Firenze, Dip. Scienze delle Produzioni Vegetali, del Suolo e dell'Ambiente Agroforestale; Istituto di Ricerche Ambiente Italia, Milano; TerraData Environmetrics, Siena; CFS-CNBF, Univ. di Genova (per ulteriori riferimenti vedere Ferretti et al. 2006)

Il sito di ricerca di Piano Limina è installato in una faggetta dell'Appennino Meridionale (Fig. 4.2.1). La storia gestionale e le caratteristiche vegetazionali fanno sì che possa essere considerato sufficientemente rappresentativo delle fustaie di faggio calabresi.

Il sito fa parte della rete di monitoraggio forestale Conecofor dai suoi inizi (1995-96, codice CAL-1) ed è il sito nel quale si registrano le maggiori precipitazioni piovose. Questo è legato alla sua particolare collocazione, tra Tirreno e Ionio, dove intercetta aria umida proveniente da ambedue i mari.



### **Piano Limina (VV), App. Meridionale**

Lat. 38,42722 Lon. 16,17972

Altitudine: 1100 m s.l.m.

Suolo: Haplic Podzsol (clas. 1995, in rev.)

Precipitazione media: 1859 mm

Temperatura media: 10,1°C

Specie arborea: *Fagus sylvatica* L.

Superficie: 10 ha (area vasta); 0,5 ha (plot di monitoraggio)

EUNIS: G1.68 Southern Italian beech forest (EEA 2007)

Fig. 4.2.1. Immagine e principali caratteristiche di Piano Limina.

Dal 1995-96, nel sito di ricerca vengono rilevati i principali parametri fisico-chimici e biotici previsti dal protocollo ICP Forests relativi al microclima, al suolo, delle deposizioni atmosferiche, alle concentrazioni di ozono e alla crescita.

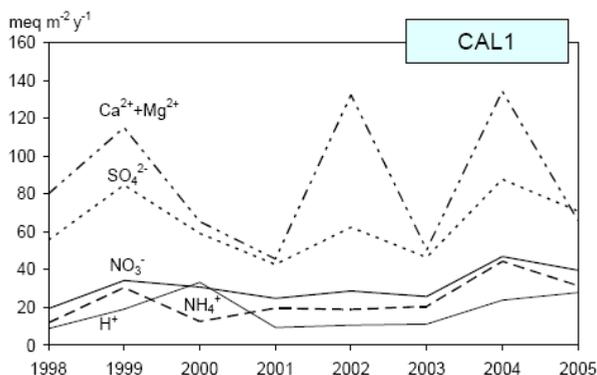


Fig. 4.2.2. Andamenti di lungo termine delle deposizioni atmosferiche umide al sito Piano Limina (CAL-1 delle rete Conecofor) (Marchetto et al., 2007).

Nel corso degli anni le indagini svolte nel sito sono state ampliate e, in particolare, dal 2009 vengono analizzate le soluzioni circolanti nel suolo. Per quanto riguarda la biodiversità, viene seguita annualmente quella vegetale mentre sono state svolte indagini particolari nell'ambito del Progetto pilota ForestBIOTA che hanno riguardato naturalità, legno morto, licheni, entomofauna.

In Fig. 4.2.2 sono riportati gli andamenti di lungo termine delle deposizioni atmosferiche umide misurate dalla stazione "open field" installata a Piano Limina (Marchetto et al., 2007). I dati di monitoraggio vanno richiesti al CFS che autorizza l'uso previa citazione della fonte.

### 4.3. Montagna di Torricchio

*Sigla:* IT03-003-T

*Status di protezione:* interamente protetto dal 1970, area inserita nell'Elenco Ufficiale delle Aree Naturali Protette come Riserva integrale al numero EUAP0091 (provvedimento istitutivo D.M. 07.04.77). SIC IT5330022 e ZPS24.

*Persona di riferimento:* R. Canullo, Scuola di Scienze Ambientali, Univ. Camerino.

*Enti coinvolti:* Univ. Camerino.

La Riserva naturale "Montagna di Torricchio" è situata nell'Appennino Umbro-Marchigiano in Val di Tazza (laterale alla Valle del Chienti) nei Comuni di Pievetorina e Montecavallo – MC. Il sito è tra le riserve più studiate del nostro Paese in quanto tale finalità,

assieme alla conservazione, è stata alla base dell'atto di donazione da parte del Marchese Incisa della Rocchetta (27 aprile 1970).

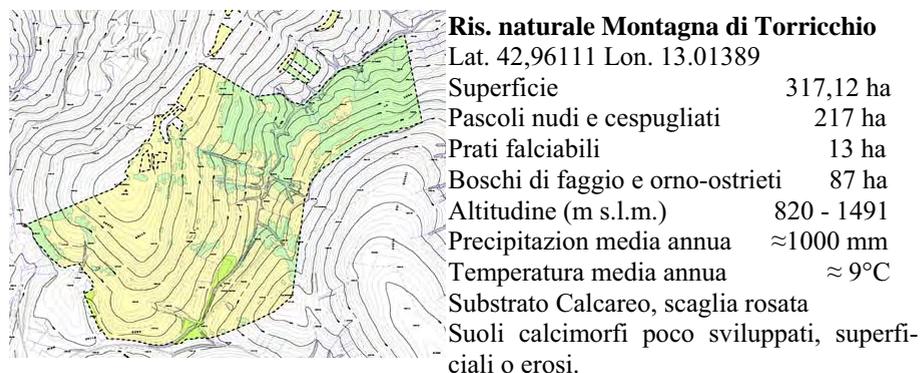


Fig. 4.3.1. Immagine e principali caratteristiche del sito Montagna di Torricchio.

Fin dalla sua istituzione, la Riserva è gestita da una struttura dell'Università di Camerino (ex Istituto di Botanica) che ha condotto ricerche riferite a flora, vegetazione, fauna, geologia, geomorfologia e pedologia. In seguito l'attenzione si è rivolta allo studio dei processi, comportando l'installazione di aree permanenti e stazioni eco-climatiche, l'adozione di sistemi campionari per la stima della biodiversità e di trattamenti sperimentali sugli effetti dei cambiamenti climatici. Nel 1990 si sono installate tre stazioni automatiche di rilevamento eco-climatico (nei versanti e nel fondovalle) che includono umidità e temperatura del suolo a diverse profondità.

Il territorio è caratterizzato da praterie xeriche montane di versanti e pianori sommitali, e da prati falciabili seminaturali di fondovalle (con gestione orientata al mantenimento). I sistemi forestali dei versanti derivano dal passato governo ceduo: fino a 950 m si sviluppano boschi di orniello (*Fraxinus ornus*) e carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e, al di sopra, di faggio (*Fagus sylvatica*) con agrifoglio (*Ilex aquifolium*) e tasso (*Taxus baccata*). Il fondovalle è delimitato da zone rupestri che ospitano il leccio (*Quercus ilex*).

La fauna è rappresentata da diverse specie tipiche dell'Appennino, come lepre, scoiattolo, ghio, istrice, donnola, tasso, faina, starna, coturnice, allocco. Di passaggio si segnalano costantemente lupo, cervo,

capriolo, cinghiale. Recenti studi hanno interessato i chiroterteri e le ornitocenosi dei pascoli oltre a diversi gruppi di invertebrati.

Le ricerche sono attualmente focalizzate sui diversi aspetti della biodiversità e delle dinamiche successionali. Infatti, in seguito all'abbandono del pascolo, in alcune aree del sito si sono diffuse diverse popolazioni di specie arbustive, mentre la cotica erbosa sta lentamente recuperando la copertura completa. Dal 1986 è stato avviato un programma di monitoraggio della specie più diffusa, la leguminosa *Cytisus sessilifolius*. I dati raccolti per una popolazione da tempo affermata lasciavano inizialmente supporre una tendenza alla regressione che, a tutt'oggi, non si è completamente realizzata. Questa specie tende ancora a permanere nei pascoli abbandonati della Riserva di Torricchio come fattore "cicatizzante" della fitocenosi pascoliva, senza fornire elementi che possano far pensare all'inizio di un primo stadio successionale vero e proprio. La longevità individuale (almeno 25 anni) e la continua rinnovazione vegetativa, nonché una tendenza alla clonazione mediante l'emissione di radici avventizie dai rami prostrati, ritardano la regressione della specie rispetto alle attese. La presenza di queste popolazioni sui pascoli, peraltro, non cambia radicalmente la composizione della fitocenosi preesistente e non ha ancora favorito la penetrazione di altri protagonisti.

Si verifica l'andamento temporale a carattere pulsante (Fig. 4.3.2) proposto anche sulla base delle variazioni dinamiche nella distribuzione delle popolazioni. Alcune aree fisse di studio nella faggeta sono state inserite in un progetto volto a stimare le variazioni della diversità vegetale in relazione al disturbo dovuto alle pratiche di ceduzione.

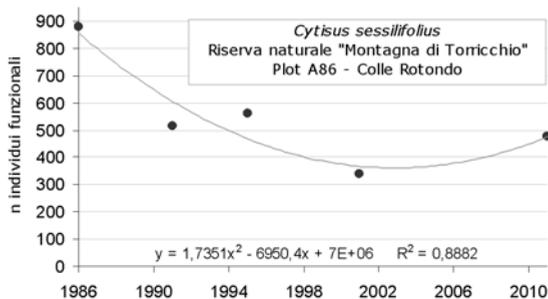


Fig. 4.3.2. Dinamica dei numeri per gli individui funzionali di *Cytisus sessilifolius* nei pascoli abbandonati della "Montagna di Torricchio". Originale.

A 1120 m di quota, il Casale Piscini (usato dai pastori nel periodo di alpeggio estivo) è adibito a punto di servizio per le ricerche. L'accesso ai dati è libero per quanto concerne i dati pubblicati sotto qualsiasi forma, con le consuete citazioni della fonte. L'accesso ai dati originali e di campo è possibile previa richiesta formale. L'accesso all'area è libero lungo i sentieri segnalati. L'accesso alle strutture e alle aree di studio è possibile previa autorizzazione dell'Ente gestore.

#### Riferimenti web:

[www.ibaf.cnr.it](http://www.ibaf.cnr.it); [www.europe-fluxdata.eu/newtcdc2/p\\_Home.aspx](http://www.europe-fluxdata.eu/newtcdc2/p_Home.aspx);  
[www.fluxnet.ornl.gov/fluxnet/index.cfm](http://www.fluxnet.ornl.gov/fluxnet/index.cfm); [www.alter-net.info/](http://www.alter-net.info/); [icp-forests.net/](http://icp-forests.net/);  
[web.unicam.it/botanica/index.htm](http://web.unicam.it/botanica/index.htm);  
[www.forestbiota.org](http://www.forestbiota.org); [www.parks.it/riserva.statale.mont.torricchio/](http://www.parks.it/riserva.statale.mont.torricchio/);  
[www.ambiente.regione.marche.it/Ambiente/Natura/ParchieRiserve/RiservaNaturaleStataleMontagnadiTorricchio.as](http://www.ambiente.regione.marche.it/Ambiente/Natura/ParchieRiserve/RiservaNaturaleStataleMontagnadiTorricchio.as)

#### Riferimenti bibliografici:

- Bartha S., A. Merolli, G. Campetella, & R. Canullo, 2008. Changes of vascular plant diversity along a chronosequence of beech coppice stands, central Apennines, Italy. *Plant Biosystems*, 142(3): 572-583.
- Campetella G., Z. Botta-Dukát, C. Wellstein, R. Canullo, S. Gatto, S. Chelli, L. Mucina, & S. Bartha. 2011. Patterns of plant trait–environment relationships along a forest succession chronosequence. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 145: 38-48.
- Canullo R., & F. Spada F. 1996. La memoria di un paesaggio scomparso nel comportamento di arbusti invasivi. In: Ingegnoli V. e Pignatti S. “L’ecologia del paesaggio in Italia”: 131-143. CittàStudi Edizioni, Milano.
- Canullo R., G. Campetella, L. Mucina, S. Chelli, C. Wellstein, & S. Bartha. 2010. Patterns of Clonal Growth Modes Along a Chronosequence of Post-Coppice Forest Regeneration in Beech Forests of Central Italy. *Folia Geobotanica*, 46: 271-288.
- Cocciufa C, P. Cerretti, G. Matteucci, G.M. Carpaneto. 2011. Basic concepts and research activities at Italian forest sites of the Long Term Ecological Research network. *iForest* 4: 244-241 URL: [www.sisef.it/iforest/show.php?id=576](http://www.sisef.it/iforest/show.php?id=576)
- European Environment Agency. 2007. European forest types. Categories and types for sustainable forest management reporting and policy. Technical Report no. 9/2006, 2nd Edition, Copenhagen, Denmark.
- Ferretti M., B. Petriccione, G. Fabbio, & F. Bussotti F. 2006. Aspects of biodiversity in selected forest ecosystems in Italy: status and changes over the period 1996-2003. Third Report of the Task Force on Integrated and Combined (I&C) evaluation of the CONECOFOR programme. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Special Issue*, 30, Suppl. 2: 112 pp.

- Luyssaert S., M. Reichstein, E.-D. Schulze, I.A. Janssens, B.E. Law, D. Papale, D. Dragoni, M. Goulden, A. Granier, W.L. Kutsch, S. Linder, G. Matteucci, E. Moors, J.W. Munger, K. Pilegaard, M. Saunders, & E.M. Falge. 2009. Towards a consistency cross-check of eddy covariance flux based and biometric estimates of ecosystem carbon balance. *Global Biogeochemical Cycles* Vol 24, GB4009 (1-14) (doi:10.1029/2008GB004477, 2009).
- Marchetto A., S. Arisci, C. Brizzio, R. Mosello, & G.A. Tartari. 2007. Status and trend of atmospheric deposition chemistry at the CONECOFOR plots, 1998-2005 In: Ferretti, M., Bussotti F., Fabbio G., Petriccione B. (Eds). 2005 - 2006 - Ecological condition of selected forest ecosystem in Italy. Status and changes 1995 - 2005. Fourth report of the Task Force on Integrated and Combined (I&C) evaluation of the CONECOFOR programme. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 34 (2005-2006): 57-66.
- Schulze E.-D. 2000. (Edit.) *Carbon and Nitrogen Cycling in European forest Ecosystems*, Ecological Studies, Springer Verlag, Heidelberg, Germania, pp. 1-498
- Valentini R., P. De Angelis, G. Matteucci, R. Monaco, S. Dore, & G.E. Scarascia Mugnozza. 1996. Seasonal net carbon dioxide exchange of a Beech forest with the atmosphere. *Global Change Biology* 2: 199-207.
- Valentini R., G. Matteucci G. et al. 2000. Respiration as the main determinant of European forests carbon balance. *Nature* 404: 861-865

## 5 Foreste Mediterranee

*C. Cocciufa, E. Pompei, A. Gatto*

*Sigla:* IT04-000-T

*Persona di contatto:* C. Cocciufa, CFS, Servizio II, Div. 6<sup>a</sup>,  
c.cocciufa@corpoforestale.it

Il sito Foreste Mediterranee comprende tre siti di ricerca: Colognone (Livorno), Monte Rufeno (Acqua pendente, VT) e Ficuzza (Godrano, PA).

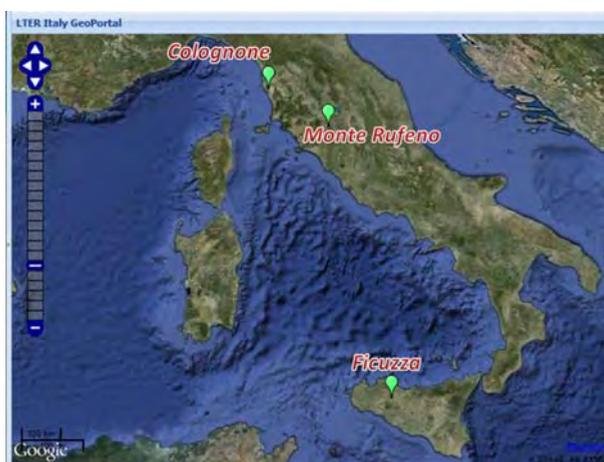


Fig. 5.1. I siti di ricerca del sito LTER Foreste Mediterranee.

In ciascun sito di ricerca è presente un'area di monitoraggio forestale intensivo del Programma CONECOFOR, ramo nazionale della Rete Internazionale ICP Forests. Ogni area è costituita da un plot quadrato recintato di 50 x 50 m affiancato da un plot di controllo. I due plot sono scelti all'interno di un'area forestale omogenea di circa 10 ha. Dal 1995 in tali aree sono raccolti dati su parametri fisico/chimici e biotici di notevole rilevanza nell'ambito della Ricerca Ecologica di Lungo Termine. Il coordinamento del Programma CONECOFOR è svolto dalla Divisione 6a del Corpo forestale dello Stato, con la collaborazione di numerosi Enti di ricerca ed Università.

## 5.1. LAZ1 Monte Rufeno

*Sigla:* IT04-001-T

*Status di protezione:* Riserva Naturale Regionale di Monte Rufeno

*Persona di riferimento:* E. Pompei, CFS, Servizio II, Div.6<sup>a</sup>, e.pompei@corpoforestale.it

*Enti coinvolti:* CRA-RPS, Univ. di Camerino, Univ. di Firenze, Linnæa Ambiente, CNR-IBAF, CRA-SEL, CNR-ISE, Istituto di Ricerche Ambiente Italia, CFS-CNBF, TerraData Environmetrics (per ulteriori riferimenti vedere Ferretti et al. 2006).



### Monte Rufeno (loc. Monaldesca)

Lat. 42,495 Lon. 11,541

Altitudine: 690m s.l.m.

Pendenza ed esposizione: 5° WNW

Morfologia: area pianeggiante su versante collinare

Suolo: Dystric Cambisols

Precipitaz. media annua: 1000 mm

Temp. media annua: 12°C

Specie arborea dominante: *Quercus cerris*

EUNIS: G1.7 Thermophilous deciduous forest (EEA2007)

Fig. 5.1.1. Collettore per le deposizioni atmosferiche e trappola per insetti nel bosco di Monte Rufeno (Acquapendente, VT).

Il sito di ricerca di Monte Rufeno si inserisce nel tipico paesaggio collinare della Toscana meridionale e dell'alto Lazio, che ha subito in passato un intenso sfruttamento da parte dell'uomo. Per lungo tempo e fino agli anni '60 dello scorso secolo, gli estesi boschi di cerro sono stati sottoposti a taglio ceduo per la produzione di legna da ardere. Con l'interruzione della pratica del taglio, i popolamenti forestali hanno subito un progressivo invecchiamento e si presentano oggi come boschi prevalentemente monospecifici e monoplani. Sono presenti anche rimboschimenti di conifere.

Peculiarità del territorio sono la ricchezza idrica ed i fenomeni franosi, in corrispondenza degli strati argillosi del terreno. Nel sito si svolgono rilievi a lungo termine su: clima, diversità della vegetazione, stato di salute delle chiome e fenologia degli alberi, tipizzazione dei

suoli e chimica delle soluzioni circolanti, contenuto chimico delle foglie, accrescimenti arborei e struttura del bosco, chimica delle deposizioni atmosferiche, danni da ozono, biodiversità, conservazione (icp-forests.net/).



Fig. 5.1.2. Esiti della ceduzazione (naturale o artificiale) e processi di cavitazione delle ceppaie.

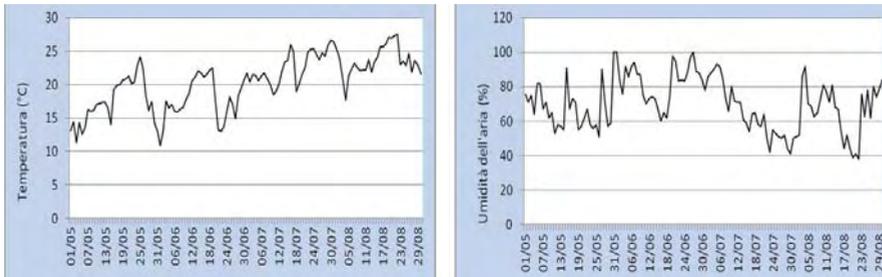


Fig. 5.1.3. Temperatura e umidità dell'aria (media giornaliera), maggio-agosto 2009, sito di Monte Rufeno (dati: CRA-RPS, Roma; CNR-IBAF, Monterotondo, Roma).

Nell'ambito del Progetto Internazionale ALTER-Net, si sta svolgendo uno studio delle risposte della vegetazione erbacea al calpestio (Römerman et al. 2011).

## 5.2. TOS1 Colognole

*Sigla italiana:* IT04-002-T

*Status di protezione:* area di proprietà pubblica

*Persona di riferimento:* E. Pompei, CFS, Servizio II, Div.6<sup>a</sup>, e.pompei@corpoforestale.it

*Enti coinvolti:* CRA-RPS, Univ. Camerino, Univ. Firenze, Linnaea Ambiente, CNR-IBAF, CRA-SEL, CNR-ISE, Istituto di Ricerche Ambiente Italia, CFS-CNBF, TerraData Environmetrics, Univ. Genova, Univ. Milano (per ulteriori riferimenti vedere Ferretti et al. 2006).



#### **Colognole (LI)**

Lat. 43,3034 Lon. 10,2619

Altitudine: 150m s.l.m.

Pendenza ed esposizione: 10° N

Morfologia: versante collinare

Suolo: Eutric Cambisols

Precipitaz. media annua: 900 mm

Temp. media annua: 15°C

Specie arborea dominante: *Quercus ilex*

EUNIS: G2.1 Mediterranean evergreen oak woodland (EEA 2007)

Fig. 5.2.1. Bosco di Colognole (LI).

Il sito di ricerca di Colognole si inserisce nel tipico paesaggio collinare delle colline Livornesi (Toscana). Nell'ambito della Rete LTER, tale sito di ricerca riveste un ruolo fondamentale per la presenza di specie vegetali arboree ed arbustive tipiche della fascia climatica termo-mediterranea (ad es. *Quercus ilex*, *Arbutus unedo*), scarsamente rappresentate in altri siti della Rete Europea.

Peculiari condizioni climatiche (piogge relativamente abbondanti) si uniscono alla tipica conformazione del bosco mediterraneo. La ceduzione del bosco si è interrotta intorno agli anni '60 del secolo scorso. Nel sito di ricerca vengono inoltre rilevati i principali parametri fisico-chimici e biotici previsti dal protocollo ICP Forests (icp-forests.net/) relativi a suoli, vegetazione e clima.

Indagini sulla biodiversità nel sito di Colognole sono state svolte nell'ambito del Progetto pilota ForestBIOTA ([www.forestbiota.org](http://www.forestbiota.org)): in riferimento alla comunità arborea nel plot, l'indice di diversità di Shannon ed il valore della ricchezza specifica sono risultati, nel sito di ricerca di Colognole, tra i più alti che si registrino nelle aree di monitoraggio della Rete CONECOFOR (Fig. 5.2.2).

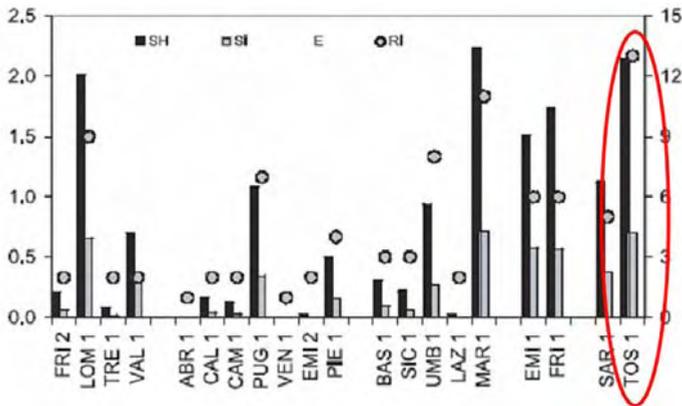


Fig. 5.2.2. Indici di diversità (asse sinistro: indici di Shannon (SH) e di Simpson (SI) e ricchezza specifica (asse destro: RI) dello strato arboreo nel sito di Colognole (TOS1). Nel grafico sono presenti gli stessi valori per i siti Monte Rufeno (LAZ1) e Ficuzza (SIC1), inclusi del sito LTER Foreste Mediterranee (da Fabbio et al. 2006).

### 5.3. SIC1 Ficuzza

*Sigla:* IT04-003-T

*Status di protezione:* foresta demaniale Regione Sicilia

*Persona di riferimento:* E. Pompei, CFS, Servizio II, Div.6<sup>a</sup>, e.pompei@corpoforestale.it; A. Gatto, Dip. Azienda Regionale Foreste Demaniali-Sicilia. agatto@regione.sicilia.it

*Enti coinvolti:* CRA-RPS, Univ. di Camerino, Univ. di Firenze, Linnaea Ambiente, CNR-IBAF, CRA-SEL, CNR-ISE, Istituto di Ricerche Ambiente Italia, CFS-CNBF, TerraData Environmetrics, Univ. di Genova, Univ. di Milano (per ulteriori riferimenti vedere Ferretti et al. 2006).

Il bosco di Ficuzza nacque come riserva di caccia reale di Re Ferdinando I delle Due Sicilie. Alla morte del Re (1825), il bosco fu profondamente sfruttato per il pascolo e la produzione di legname. Con alterne vicende legate all'Unità d'Italia ed ai due conflitti mondiali del secolo scorso, il bosco di Ficuzza attraversò periodi di intenso sfruttamento da parte di privati, degrado ed abbandono e rimboschimenti. Nel 1948 l'area divenne proprietà dell'Azienda Foreste Demaniali della Regione Siciliana. Nel luglio del 2000, venne istituita la riserva naturale "Bosco della Ficuzza, Rocca Busambra, Bosco del Cappelliere

e Gorgo del Drago”. Il sito di ricerca si colloca all’interno di tale area protetta, che attualmente è l’area boschiva protetta della Sicilia occidentale più vasta e ricca di biodiversità.



**Ficuzza (Godrano - PA)**

Lat. 37,5432 Lon. 13,2415

Altitudine:

940 m s.l.m.

Pendenza ed esposizione:

20° NNE

Morfologia: terrazzo strutturale

Suolo: Haplic Phaeozems

Precipitaz. media annua:

800 mm

Temp. media annua:

13°C

Specie arborea dominante: *Quercus cerris*

EUNIS:G1.7 Thermophilous deciduous forest (EEA 2007)

Fig. 5.3.1. Bosco di Ficuzza (Godrano-PA).

Anche nel sito di ricerca di Ficuzza viene applicato il protocollo di monitoraggio forestale ICP Forests e, nel periodo 2003-2005, sono state svolte le indagini previste dal Progetto pilota ForestBIOTA. Particolarmente significativi sono stati i risultati delle analisi sulla struttura forestale (Fig. 5.3.2), nel confronto tra aree caratterizzate dalla stessa specie arborea dominante.

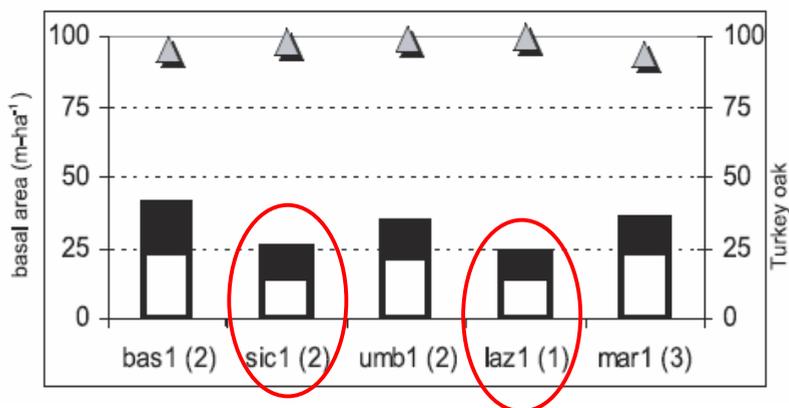


Fig. 5.3.2. Area basimetrica totale (in nero), area basimetrica del piano dominante superiore (in bianco) e percentuale della specie principale (cerro) nel piano dominante/superiore. In parentesi: numero di specie nel piano dominante superiore. Sono posti a confronto i siti di Ficuzza e Monte Rufeno. (da Fabbio et al. 2006)

Nel corso del medesimo Progetto pilota, il sito di ricerca di Ficuzza ha permesso di campionare 28 nuove specie di insetti ditteri (Diptera) nuove per la Sicilia (Mason et al. 2006).

**Riferimenti web:**

[www.alter-net.info/](http://www.alter-net.info/);  
[icp-forests.net](http://icp-forests.net);  
[www.forestbiota.org](http://www.forestbiota.org)

**Riferimenti bibliografici:**

- Bertini G., T. Amoriello, G. Fabbio & M. Piovosi. 2011. Forest growth and climate change: evidence from the ICP Forests intensive monitoring in Italy. *iForest* 4:262-267.
- Cocciufa C., P. Cerretti, G. Matteucci & G. Carpaneto. 2011. Basic concepts and research activities at Italian forest sites of the LTER network. *iForest* 4:233-241.
- European Environment Agency. 2007. European forest types. Categories and types for sustainable forest management reporting and policy. Technical Report no. 9/2006, 2<sup>nd</sup> Edition, Copenhagen.
- Fabbio G., M.C. Manetti & G. Bertini. 2006. Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots. I. Structural and species diversity of the tree community. In: Ferretti M., Petriccione B., Fabbio G., Bussotti F. (Eds). Aspects of biodiversity in selected forest ecosystems in Italy: status and changes over the period 1996-2003. 3<sup>rd</sup> report of the Task Force on Integrated and Combined (I&C) evaluation of the CONECOFOR progr. *Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura*, 30 (2): 51-70.
- Ferretti M. 2010. Harmonizing forest inventories and forest condition monitoring – the rise or the fall of harmonized forest condition monitoring in Europe? *iForest* 3:1-4.
- Ferretti M., B. Petriccione, G. Fabbio & F. Bussotti. 2006. Aspects of biodiversity in selected forest ecosystems in Italy: status and changes over the period 1996-2003. Third Report of the Task Force on Integrated and Combined (I&C) evaluation of the CONECOFOR progr. *Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, Special Issue*, 30 (2): 112 pp.
- Fischer R., W. Beck, V. Calatayud, N. Cools, B. De Vos, M. Dobbertin, S. Fleck, P. Giordani, O. Granke, G. Kindermann, M. Lorenz, H. Meesemburg, S. Meining, H.D. Nagel, M. Neumann, T. Scheuschner & S. Stofer. 2011. The condition of forests in Europe. ICP Forests and European Commission. Hamburg and Brussels, 21 pp. [[icp-forests.org/RepEx.htm](http://icp-forests.org/RepEx.htm)]
- Mason F., P. Cerretti, G. Nardi, D. Whitmore, D. Birtele, S. Hardersen & E. Gatti. 2006. Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots.IV. The

- InvertebrateBiodiv pilot project. In: Ferretti, M., Petriccione, B., Fabbio, G., Bus-sotti, F., (Eds). Aspects of biodiversity in selected forest ecosystems in Italy: status and changes over the period 1996-2003. Third report of the Task Force on Integrated and Combined (I&C) evaluation of the CONECOFOR programme. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 30 (2): 51-70.
- Römerman M.R., A. Gray, A.J. Vanbergen, L. Bergés, A. Bohner, R.W. Brooker, L. De Bruyn, B. De Cinti, T. Dirnböck, U. Grandin, A.J. Hester, R. Kanka, S. Klotz, G. Loucougaray, L. Lundin, G. Matteucci, I. Mészáros, V.Oláh, E. Preda, B. Prévosto, J. Pykälä, W. Schmidt, M.E. Taylor, A. Vadineanu, T. Waldmann & J. Stadler. 2011. Functional traits and local environment predict vegetation responses to disturbance: a pan-European multi-site experiment. *Journal of Ecology* 99: 777-787.

## 6. Bosco Fontana

A. Campanaro, E. Minari, S. Hardersen, F. Mason

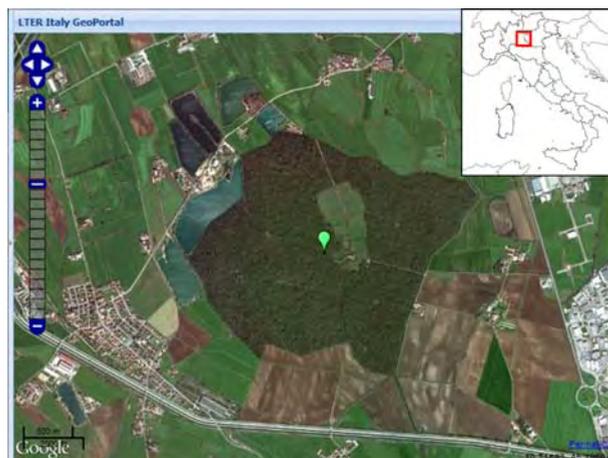
*Sigla:* IT05-001-T

*Status di protezione:* Monumento Nazionale, Riserva Naturale Orientata, inclusa nel Parco Naturale del Mincio, Zona di Protezione Speciale ai sensi Direttiva 79/409/CEE, Sito di Importanza Comunitaria ai sensi Direttiva 92/43/CEE

*Persona di riferimento:* F. Mason, fmason@tin.it

*Persona di contatto:* A. Campanaro, ale.naro@gmail.com

*Enti coinvolti:* Univ. di Roma Sapienza, Dip. Biologia e Biotecnologie “Charles Darwin”; Univ. di Padova. Dip. Agronomia Ambientale e produzioni vegetali, Dip. Territorio e Sistemi Agro-forestali, Selvicoltura, Ecologia e Pianificazione; Univ. di Pavia Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Dip. di Biologia Animale; Univ. Roma Tre, Dip. di Biologia; CNR ISAFOM; CNR ISMAR; CRA-MPF Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale; Fondazione E. Mach, Istituto Agrario San Michele all’Adige.



Lat. 41,40556	Lon. 11,91111	Suolo: rossi o scuri di moderata/alta permeabilità e moderata/scarsa profondità
Altitudine: 25 m s.l.m.		Precipitaz.: media annua: 658 mm
Superficie: 236 ha		Temp. media annua: 13.2°C
Pendenza: dislivello max. 2m		EUNIS: G1.224: Po [ <i>Quercus</i> ] - [ <i>Fraxinus</i> ] - [ <i>Alnus</i> ] forests
Morfologia: area pianeggiante		

Fig. 6.1. La Riserva Naturale Statale “Bosco della Fontana”

La Riserva Naturale Statale “Bosco della Fontana” (RNBF) è localizzata nella bassa Pianura padana in prossimità della città di Mantova,

nel comune di Marmirolo e rappresenta un tipico ambiente residuale, ultimo relitto di una foresta ben più vasta che si estendeva, a metà del XVII sec., per 1.200 ha ed era in connessione con le foreste ripariali del Mincio e quelle delle colline moreniche del Garda.

La foresta costituisce circa l'85 % della superficie della riserva ed è una variante orientale del querceto carpinato della Pianura Padana. Le specie arboree più caratterizzanti sono *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Q. cerris* e *Q. rubra* (alloctona). La foresta, per la sua storia e gestione, ospita una ricca e diversificata comunità di specie saproxiliche (fra cui *Cerambyx cerdo* e *Lucanus cervus*, entrambe specie di interesse comunitario).

Il centro della riserva è occupato da una prateria che rappresenta una delle ultime formazioni semi-naturali esistenti nella Provincia di Mantova garantisce habitat per specie anche rare e di interesse comunitario come la farfalla *Lycaena dispar*.

I corpi idrici presenti, il Rio Begotta, la Roggia Sgarzabella, le sorgive e le zone con acque ferme temporanee, arricchiscono ulteriormente il quadro ecosistemico. Fra le specie di interesse conservazionistico si annoverano: il mollusco *Anisus vorticulus*, i pesci Vairone, Cobite e Ghiozzo padano, la libellula *Oxygastra curtisii*.

L'erpetofauna è caratterizzata soprattutto da una ricchissima comunità di serpenti e dalla popolazione di *Rana latastei* (specie di interesse comunitario) in buone condizioni di conservazione.

Molto ricca l'ornitofauna e, nel quadro provinciale, la RNBF è l'unica area di nidificazione di specie legate ad ambienti forestali: ca. 100 specie segnalate, di cui 43 nidificanti (circa il 27% dell'avifauna lombarda). Le specie di interesse comunitario sono 21. La RNBF rappresenta un'importante area di sosta notturna, in periodo invernale, per gli Ardeidi ed ospita una delle più importanti e note colonie di Nibbio bruno in Italia, con numeri in drastica diminuzione.

Le specie di mammiferi censite sono 22, di interesse biogeografico è la popolazione di *Apodemus agrarius*, la più occidentale del suo areale. Fra i mammiferi terrestri, l'unica specie protetta a livello comunitario è il moscardino, *Muscardinus avellanarius*. La chiropterofauna è costituita da 8 specie; di notevole importanza conservazionistica è la presenza di nursery di *Pipistrellus pygmaeus*, *P. pipistrellus* e *Myotis daubentonii*.

L'isolamento della riserva rimane la principale problematica dal punto di vista della conservazione degli habitat e delle specie animali e vegetali.

Nella riserva ha sede il Centro Nazionale Biodiversità Forestale "Bosco Fontana" di Verona (CNBFVR) del CFS la cui attività, iniziata nel 2001, abbraccia diverse tematiche nell'ambito della biodiversità. Alcune di esse sono tematiche di ricerca LTER a carattere prettamente forestale e vengono effettuate attraverso specifiche misurazioni e metodologie che comprendono: analisi della dinamica forestale, analisi vegetazionale, chimica delle deposizioni atmosferiche, valutazione dello stato di salute delle chiome, misurazioni di ozono atmosferico, valutazione dei danni da ozono sulla vegetazione, analisi della vegetazione. Il Centro può avvalersi, inoltre, di tassonomi specialisti di varie famiglie di insetti Ditteri e Coleotteri.

Le stazioni di campionamento LTER sono di diversa tipologia e in diverso numero a seconda del tipo di studio. Il rilevamento dei principali dati meteorologici è assicurato da una centralina stabile. Per il monitoraggio delle specie in Direttiva e di altri elementi faunistici di interesse conservazionistico o di alcune comunità, ampie porzioni della riserva sono oggetto di studio attraverso diverse metodologie come l'avvistamento lungo transetti o l'uso di trappole passive e attive e l'applicazione di indici biotici.

Le ricerche del CNBFVR si svolgono in tutto il territorio nazionale, ma la riserva stessa continua a rappresentare un laboratorio *en plein air*, un ambiente "conosciuto" e "controllato", nel quale indagare fenomeni ecologici e testare nuove metodologie di studio della biodiversità. I progetti di ricerca promossi o che coinvolgono il Centro sono a scala locale (integrazione ai dati faunistici, consulenza scientifica e monitoraggi in ambito di ripopolamento forestale, Rete Natura 2000), nazionale (progetti del Ministero Politiche Agricole, Ministero dell'Ambiente, CNR, associazione Odonata.it) ed internazionale (progetti LIFE+, gruppi di lavoro europei per lo studio della fauna saproxilica, gruppi di lavoro per studi di sistematiche di famiglie di ditteri e coleotteri).

Riferimenti web:

[www.corpoforestale.it/cnbfverona](http://www.corpoforestale.it/cnbfverona)

## Riferimenti bibliografici

- Mason F. (a cura di). 2002. Dinamica di una foresta della Pianura Padana. Bosco della Fontana - Primo contributo Monitoraggio 1995. Gianluigi Arcari Editore: 224 pp.
- Mason F., P. Cerretti, A. Tagliapietra, M.C.D Speight. & M. Zapparoli (a cura di) 2002. Invertebrati di una foresta della Pianura Padana. Bosco della Fontana - Primo contributo. Gianluigi Arcari Editore: 176 pp.
- Cavalli R. & F. Mason (a cura di). 2003. Tecniche di ripristino del legno morto per la conservazione della faune saproxiliche Il progetto LIFE Natura NAT/IT/99/6245 di "Bosco della Fontana" (Mantova, Italia). Gianluigi Arcari Editore: 112 pp.
- Cerretti P., S. Hardersen, F. Mason, G. Nardi, M. Tisato & M. Zapparoli (a cura di) 2004. Invertebrati di una foresta della Pianura Padana. Bosco della Fontana - Secondo contributo. Cierre Grafica: 304 pp.
- Cerretti P., S. Hardersen, F. Mason, G. Nardi, M. Tisato & M. Zapparoli (a cura di). 2004. Ricerche naturalistiche a Bosco della Fontana. Cierre Grafica: 96 pp.
- Campanaro A., S. Hardersen & F. Mason (a cura di). 2007. Piano di gestione della Riserva Naturale Statale e Sito Natura 2000 "Bosco della Fontana". Cierre edizioni: 221 pp.
- Gianelle D., D.Travaglini, F. Mason, E. Minari, G. Chirici & C. Chemini (a cura di). 2007. Canopy Analysis and Dynamics of a Floodplain Forest. Cierre edizioni: 96 pp.

## 7. Tenuta di Castelporziano

A. Tinelli

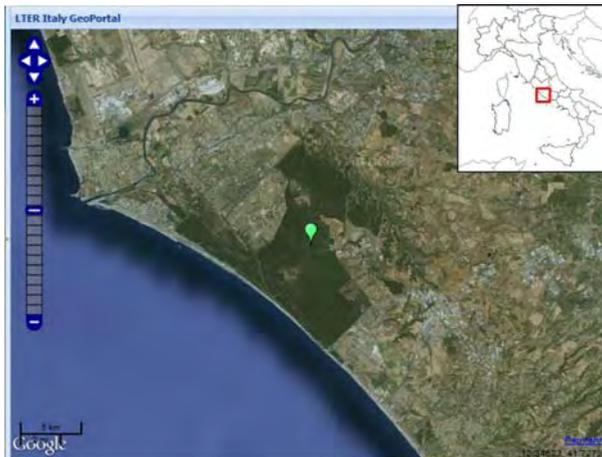
*Sigla:* IT18-001-T

*Status di protezione:* Riserva Naturale dello Stato

*Persona di contatto:* A. Tinelli. Servizio Tenute e Giardini Tenuta di Castelporziano, Roma, a.tinelli@quirinale.it

*Enti coinvolti:* CNR, ENEA, Univ. “La Tuscia” (VT), Univ. “La Sapienza” (Roma), CRA-RPS, UCEA, IBIMET, ISPRA

La Tenuta Presidenziale di Castelporziano si estende su una superficie di circa 6100 ha e si trova a circa 24 km dalla città di Roma. Il territorio è caratterizzato da rilevanti aspetti naturalistici ed ambientali. Presenta la maggior parte degli ecosistemi tipici del mediterraneo (lombi relitti di foresta planiziale con vegetazione igrofila, querceti misti di caducifoglie e sempreverdi, pinete di pino domestico, macchia mediterranea alta e bassa, vegetazione dunale).



Lat. 41,73972	Lon. 12,40333	Piantagioni speciali	72,6 ha
Pineta	752 ha	Formazioni igrofile	36,9 ha
Querceto misto di latifoglie	2.306,5 ha	Pascoli	112,6 ha
Querceto di leccio	261,4 ha	Zone agrarie	453 ha
Macchia mediterranea	132,5 ha	Zone aperte	662,6 ha

Fig. 7.1.1. La Riserva Naturale dello Stato “Tenuta di Castelporziano”.

Al suo interno si trovano due Siti di Interesse Comunitario (SIC): uno relativo alla fascia costiera (IT6030027) ed uno relativo ai querceti igrofilo (IT6030028). La Tenuta di Castelporziano a cui è stata annessa dal 1985 la Tenuta di Capocotta, conserva sulla costa laziale le primitive caratteristiche dell'ambiente naturale, nonostante la crescente espansione di Roma verso il mare. Da un punto di vista botanico l'area rappresenta, insieme al territorio limitrofo di Castelfusano, ciò che resta del vasto sistema forestale che ricopriva l'intero delta del Fiume Tevere e le zone limitrofe e che oramai è circondato dalla periferia urbana di Roma, di Ostia e di Tor San Lorenzo.

In particolare la Tenuta di Castelporziano presenta notevole interesse vegetazionale e naturalistico essendo situata in un'area di sovrapposizione dei due più importanti ecosistemi zonali dell'Europa meridionale: il querceto caducifoglio planiziale e il querceto sclerofillo. Il querceto misto di caducifoglie vede la predominanza di *Quercus cerris*, *Quercus frainetto*, *Quercus robur*, a cui si associano *Carpinus orientalis*, *Crataegus monogyna* ed elementi sempreverdi della macchia mediterranea. Diversamente, il querceto di specie sempreverdi, che rappresenta la vegetazione naturale potenziale delle coste mediterranee, risulta costituito prevalentemente da *Quercus ilex* e *Quercus suber* alle quali si accompagnano *Arbutus unedo*, *Phyllirea latifolia*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus* e *Ruscus aculeatus*.

Nell'ambito di Castelporziano si registra un'importante presenza del Pino domestico che, in popolamenti compatti o a filari, ricopre circa 1/6 della superficie totale. Si tratta di una presenza interessante dal punto di vista economico (produzione di pinoli e legname) che costituisce una delle caratteristiche di Castelporziano per gli aspetti paesaggistici. Lungo la zona costiera si estende un complesso sistema di cordoni di dune antiche e recenti. La vegetazione si è sviluppata in maniera ottimale dalla linea di costa sino all'entroterra, come è evidenziato dagli aspetti colonizzazione e di consolidamento delle dune, dalla costituzione della macchia ed alla sua stabilizzazione in consorzi sempreverdi con carattere di climax nelle parti più interne (Fig. 7.1.2).

Sono, inoltre, presenti numerose piscine naturali temporanee e permanenti e zone umide soggette a periodici allagamenti stagionali formati da acque meteoriche e di falda, che tendono a prosciugarsi durante l'estate e che rappresentano dei siti caratterizzati da elevata bio-

diversità. Queste “zone umide relitte”, infatti, rivestono un ruolo assai importante per la biodiversità e da un punto di vista ecologico, per la presenza di specie vegetali tipiche degli idrosuoli, ormai quasi del tutto scomparse ed in passato molto estese.

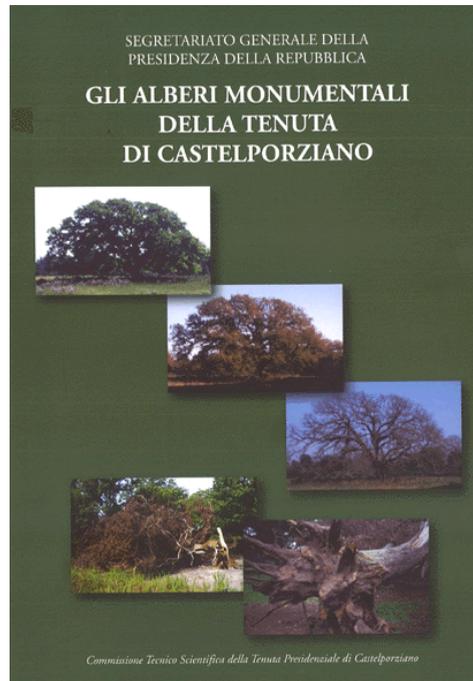


Fig. 7.1.2. Copertina de "Gli alberi monumentali della Tenuta di Castelporziano".

Il Programma di Monitoraggio Ambientale attualmente in corso e la rete di rilevamento dei principali parametri ambientali sono finalizzate al controllo continuo dei livelli di inquinamento atmosferico, del livello della falda freatica, dell'intrusione del cuneo salino nelle zone prossime alla fascia costiera, allo studio delle caratteristiche pedogenetiche dei suoli, all'analisi ed evoluzione della senescenza del querceto e ai conseguenti problemi connessi alla rinnovazione naturale e al censimento delle popolazioni faunistiche. L'accesso alle strutture e ai dati del monitoraggio ambientale disponibili (dati climatici, idrogeologici, vegetazionali, dendrometrici, faunistici, etc.) è possibile previa

specifica richiesta indirizzata alla Commissione Tecnico Scientifica della Tenuta di Castelporziano e all'Osservatorio Multidisciplinare per gli Ecosistemi Costieri Mediterranei.

**Riferimenti web:**

[www.quirinale.it/qnrw/statico/residenze/castelporziano/castelporziano-a.htm](http://www.quirinale.it/qnrw/statico/residenze/castelporziano/castelporziano-a.htm)

[www.parks.it/riserva.statale.tenuta.castelporziano/index.php](http://www.parks.it/riserva.statale.tenuta.castelporziano/index.php)

[www.agraria.org/parchi/lazio/tenutadicastelporziano.htm](http://www.agraria.org/parchi/lazio/tenutadicastelporziano.htm)

**Riferimenti bibliografici:**

AA.VV. 2001. Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Scritti e Documenti XXXVI. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Roma: 868 pp.

AA.VV. 2006. Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Scritti e Documenti XXXVII. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Roma: 1856 pp.

Giordano E., B. Capitoni., A. Eberle, L. Maffei, A. Musicanti, F. Recanatesi, & A. Tinelli. 2010. Gli Alberi Monumentali della Tenuta di Castelporziano. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Roma: 111 pp.

Fanfani A., R. Isotti, & A. Tinelli. 2010 L'Avifauna della Tenuta di Castelporziano. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Roma: 136 pp.

Scarascia Mugnozza G.T. 2011 Introduzione e sintesi degli studi e ricerche. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Roma: 113 pp.

## 8. Dune sabbiose costiere dell'Italia centrale

A. T.R. Acosta

Sigla: IT20-000-T

Persona di contatto: A. T.R. Acosta, Dip. di Biologia Ambientale Univ. di Roma Tre, [acosta@uniroma3.it](mailto:acosta@uniroma3.it)

Il sito comprende ecosistemi sabbiosi costieri dell'Italia centrale. Si tratta di ambienti caratterizzati da una flora e una fauna altamente specializzata e da un elevato valore ecologico, paesaggistico e di servizi ecosistemici. Inoltre, si tratta degli ambienti tra i più vulnerabili e più seriamente minacciati a scala nazionale ed europea.

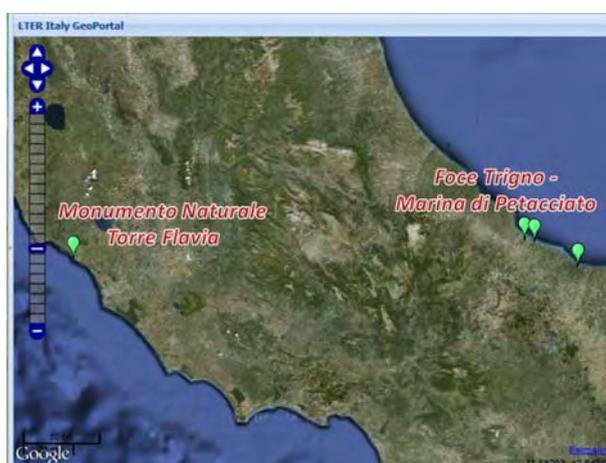


Fig. 8.1. I siti di ricerca del sito LTER Dune sabbiose costiere dell'Italia centrale.

Il sito include 3 siti di ricerca localizzati in sistemi sabbiosi sia adriatici che tirrenici, in tutti i casi fortemente minacciati da pressioni antropiche dirette e indirette. Le aree sono state inserite nella rete Natura 2000 e comprendono habitat e specie di interesse comunitario. I principali habitat considerati sono: Habitat 1210 (Vegetazione annua delle linee di deposito marine), Habitat 2110 (Dune embrionali mobili), Habitat 2120 (Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*), Habitat 2230 (Dune con prati dei *Malcolmieta*) e l'Habitat prioritario 2250\* (Dune costiere con *Juniperus* spp).

Le principali tematiche di ricerca svolte comprendono: il monitoraggio della biodiversità vegetale (dinamica temporale delle principali specie e dei principali Habitat costieri psammofili), il monitoraggio della biodiversità animale (dinamica temporale dell'avifauna nidificante, principalmente Ardeidi e Anatidi e la dinamica delle popolazioni di *Testudo hermanni*), l'analisi multi temporale dei cambiamenti a scala di paesaggio (dinamica della copertura del suolo tramite cartografia CORINE land cover scala 1:5000).

### 8.1. Monumento Naturale Palude di Torre Flavia

A. T.R. Acosta, R. Santoro, L. Redolfi de Zan, C. Battisti

Sigla: IT20-001-T

Status di protezione: ZPS cod. IT6030020, Monumento Naturale Prov. di Roma.

Persona di riferimento: A. T.R. Acosta, Univ. Roma Tre; Corrado Battisti, Prov. di Roma.

Enti coinvolti: Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Roma Tre, Ufficio Conservazione Natura, Servizio Ambiente, Provincia di Roma.

La Palude di Torre Flavia è una piccola zona umida con resti di dune sabbiose ed è di grande importanza per la conservazione poiché contiene tracce di quello che un tempo fu l'ambiente costiero laziale naturale. I principali habitat della Direttiva 92/43/EEC presenti sono: Habitat 1210 (Vegetazione annua delle linee di deposito marine), Habitat 2110 (Dune embrionali mobili), Habitat 2120 (Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*), Habitat 2230 (Dune con prati dei *Malcolmietalia*).

In questo sito di ricerca gli habitat tipici delle prime dune sabbiose si rinvengono molto degradati e frammentari e ciò è dovuto all'erosione progressiva che incide sulla linea di costa. Oltre a queste comunità psammofile si presentano altri habitat legati alle depressioni umide retrodunali, con suoli più o meno salini come la vegetazione pioniera a Salicornia (Habitat 1310) e quella perenne delle zone fangose e sabbiose (Habitat 1420) e, infine, i giuncheti mediterranei (Habitat 1410) delle depressioni umide retrodunali. Inoltre, si osservano canneti a dominanza di *Phragmites australis*.

Il sito di ricerca è stato a più riprese oggetto di interesse per studiosi e ambientalisti, che hanno da tempo raccolto dati ed elaborato progetti sull'area. Gli Uccelli costituiscono una componente importante della diversità biologica di questo sito. Le ricerche standardizzate vengono realizzate dal 2003 e comprendono osservazione diretta, innellamento scientifico e mappaggio dei nidificanti (Anatidi e Ardeidi).



### Palude di Torre Flavia

Lat 41,96203 Lon. 12,04461

Localizzazione: confine tra il comune di Ladispoli e il comune di Cerveteri (Roma);

Altitudine media: 10m s.l.m.

Estensione dei sistemi di duna: 48 ha

Lunghezza linea di costa: 1,5 km

Fig. 8.1.1. Il sito di ricerca Monumento Naturale Palude di Torre Flavia (Roma).

I principali risultati ottenuti dimostrano che l'abbondanza di questi gruppi è fortemente associata al livello dell'acqua nella zona umida retrostante e non si osservano chiare tendenze temporali nel periodo considerato. Per quanto riguarda la vegetazione, è stata realizzata una caratterizzazione generale tramite il metodo fitosociologico e, a partire del 2007, viene effettuato il monitoraggio della vegetazione tramite transetti e plot random con frequenza annuale. Inoltre, in due settori è stato limitato il calpestio con lo scopo di monitorare gli effetti di questa protezione sulla vegetazione dunale. I risultati sono molto promettenti perché in solo quattro anni di studio si è rinvenuto un aumento significativo della ricchezza e della copertura delle specie vegetali. Questo evidenzia la potenzialità della limitazione del calpestio come metodo di recupero passivo delle dune costiere degradate.

Sono garantiti i transetti di vegetazione, i plot random e il rilevamento dell'avifauna con una frequenza minima di due anni. L'accesso ai dati storici è libero su richiesta per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. Nel sito è presente un

Centro visite con funzione multipla (gestione ordinaria, educazione ambientale, aspetti tecnico-scientifici).

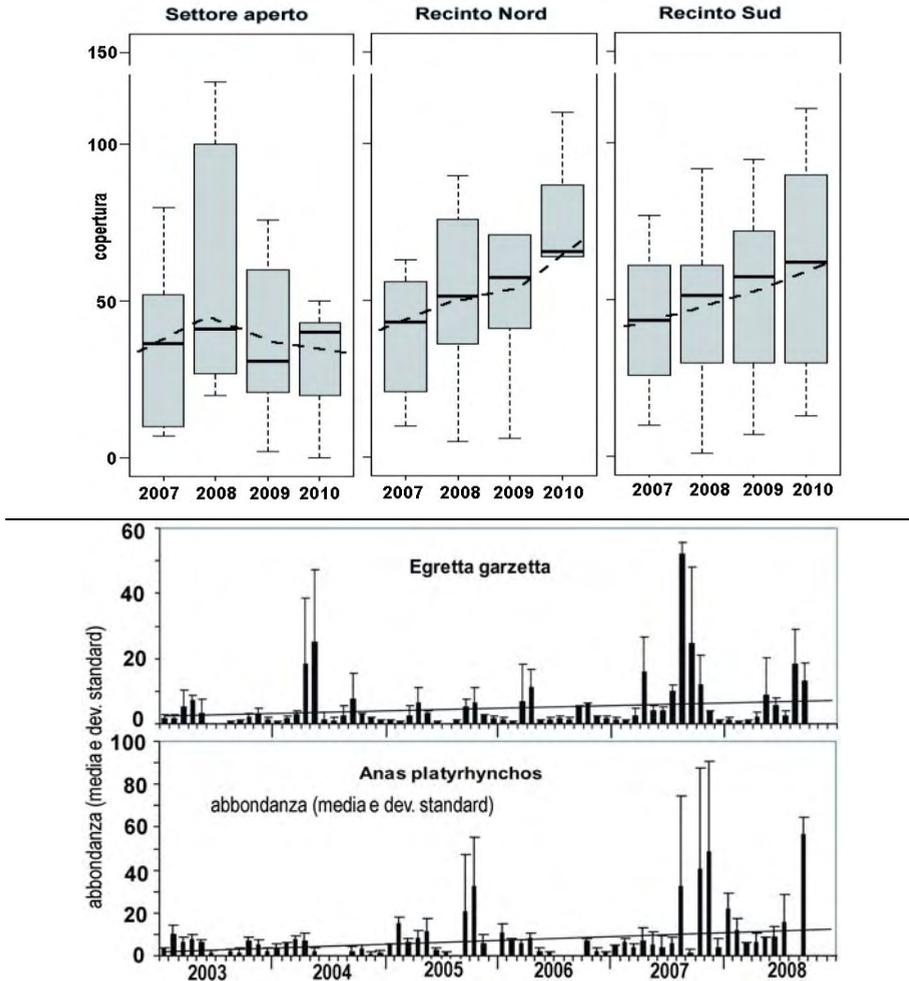


Fig. 8.1.2. Sopra: box-plots con le tendenze della copertura della vegetazione (2007-2010) nell'area chiusa e nel controllo. Il modello lineare misto (LME) mostra che mentre la copertura aumenta significativamente nell'area chiusa  $<0.05$ ) non ci sono differenze significative nel controllo. Sotto: abbondanza media di *Egretta garzetta*/*Anas platyrhynchos* durante il periodo gennaio 2003- dicembre 2008. Nel grafico viene riportata la linea di tendenza dell'andamento temporale.

Sono garantiti i transetti di vegetazione, i plot random e il rilevamento dell'avifauna con una frequenza minima di due anni. L'accesso ai dati storici è libero su richiesta per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. Nel sito è presente un Centro visite con funzione multipla (gestione ordinaria, educazione ambientale, aspetti tecnico-scientifici).

## 8.2. Foce Trigno-Marina di Petacciato

A. Stanisci, M. L. Carranza, A. T.R. Acosta

Sigla: IT20-002-T

Status di protezione: S.I.C. IT7228221 "Foce Trigno-Marina di Petacciato".

Persone di riferimento: A. Stanisci, Univ. del Molise; Alicia T.R. Acosta, Univ. di Roma Tre;

Enti coinvolti: Dip. STAT., Univ. del Molise e Dip. di Biologia Ambientale, Univ. di Roma Tre.



### Foce Trigno-Marina di Petacciato

Lat.42,03542 Lon. 14,85485

comuni di Montenero di Bisaccia, Petacciato e Termoli (CB);

Altitudine media: 15 m s.l.m.

Estensione dei sistemi di duna: 272 ha

Lunghezza linea di costa: 11 km

Fig. 8.2.1. Il sito di ricerca Foce Trigno-Marina di Petacciato (CB).

Nel sito sono presenti numerosi habitat di duna costiera (Habitat 1210 (Vegetazione annua delle linee di deposito marine), Habitat 2110 (Dune embrionali mobili), Habitat 2120 (Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*), Habitat 2230 (Dune con prati dei *Malcolmietalia*). Gli habitat tipici delle prime dune sabbiose sono ben sviluppati poiché il sito è relativamente ben conservato e buona parte della linea di costa è in progradazione. Alcuni habitat sono invece minacciati dalla presenza di specie esotiche, come ad esempio *Ambrosia coronopifolia* e *Acacia saligna*.

Le prime indagini sulla vegetazione del sito risalgono a studi fitosociologici avviati nella decade degli anni '80 (Stanisci et al. 2006). Più recentemente si è stabilito un apposito campionamento per il monitoraggio delle cenosi delle dune costiere attraverso transetti a fascia. Dall'anno 2001 il sistema dunale viene monitorato attraverso transetti a fascia perpendicolari alla linea di costa. In particolare un transetto viene ripetuto nella stessa posizione geografica con frequenza annuale a partire dal 2008.

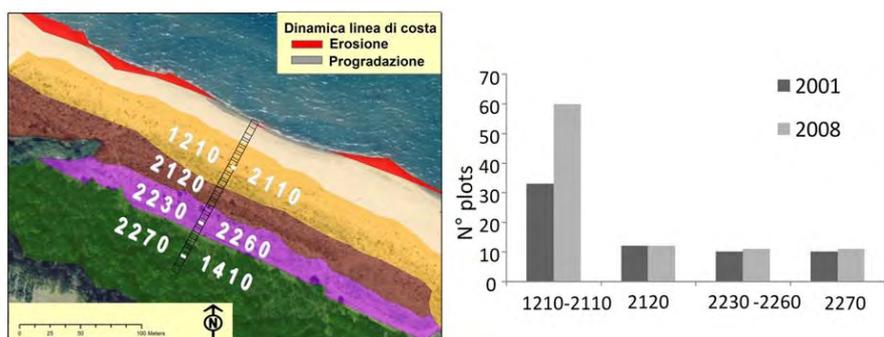


Fig. 8.2.2. Rappresentazione di un Transetto di vegetazione (linea tratteggiata perpendicolare alla riva) in relazione alla dinamica della linea di costa ed alla cartografia degli Habitat di interesse comunitario (aggiornata all'anno 2010). 1210-2110: mosaico fra gli Habitat Vegetazione annua delle linee di deposito marine (1210) e Dune embrionali e mobili (2110); 2120: Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*; 2230-2260: mosaico tra gli habitat Dune con prati dei *Malcolmietalia* (2230), Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia* (2260), 2270-1410: mosaico tra l'habitat prioritario di Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster* (2170), e l'habitat dei Pascoli inondati mediterranei del *Juncetalia maritimi* (1410).

Le informazioni relative alla fauna di vertebrati sono quelle derivate dal censimento dell'avifauna nidificante secondo la metodologia standardizzata dei punti di ascolto, raccolti nell'ambito del progetto MITO all'interno del progetto europeo Euromonitoring (anni 2005-2006). Inoltre, sono stati registrati i siti di nidificazione del fratino (*Charadrius alexandrinus*) lungo il litorale dalla foce del fiume Trigno (anni 2006-2007-2008). Infine, si è svolta una analisi dei cambiamenti del paesaggio costiero su base cartografica utilizzando delle mappe degli habitat di Direttiva relative agli anni 2001 e 2008. In que-

sto periodo, nei tratti nei quali si svolgono i monitoraggi della vegetazione, si è osservato un aumento dell'Habitat 2110 (Dune embrionali mobili) mentre l'Habitat 2120 (Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*) si è mantenuto stabile. L'aumento dell'habitat delle dune embrionali viene associato alla costa in progredizione.

Viene garantito lo svolgimento di transetti di vegetazione con una cadenza biennale. Si prevede di ampliare l'analisi multi temporale a scala di paesaggio delle principali categorie di uso del suolo a partire dal 1954 (primo volo disponibile per questo sito di ricerca).

L'accesso ai dati storici è libero su richiesta per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. Nel sito è presente un Centro visite con funzione multipla (gestione ordinaria, educazione ambientale, aspetti tecnico-scientifici). Il sito ha ricevuto un finanziamento europeo nell'ambito dei progetti Life+ (Life 10/NAT/IT/262 MAESTRALE).

### 8.3. Foce Saccione-Bonifica Ramitelli

A. Stanisci, M. L. Carranza e A. T.R. Acosta

Sigla: IT20-003T

Status di protezione: S.I.C. IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli"

Persona di riferimento: Angela. Stanisci, Univ. del Molise; Alicia T.R. Acosta, Univ. di Roma Tre;

Enti coinvolti: Dip. STAT, Univ. del Molise Dipartimento di Biologia Ambientale, Univ. di Roma Tre.



#### Foce Saccione-Bonifica Ramitelli:

Lat. 41,92898 Lon. 15,12531

Comune di Campomarino (CB)

Altitudine media: 20m s.l.m.

Estensione dei sistemi di duna: 176 ha

Lunghezza linea di costa: 5 km

Fig. 8.3.1. Il sito di ricerca Foce del Saccione-Bonifica Ramitelli (CB).

Una caratteristica notevole del sito è la presenza di una zonazione dunale completa che spazia dagli habitat di avanduna a quelli retrodunali. Gli habitat caratteristici delle prime dune sabbiose sono piuttosto degradati e frammentati a causa dei processi di erosione recente della linea di costa: Habitat 1210 (Vegetazione annua delle linee di deposito marine), Habitat 2110 (Dune embrionali mobili), Habitat 2120 (Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*), Habitat 2230 (Dune con prati dei *Malcolmietalia*). Tuttavia, il sito ospita una delle ultime stazioni relativamente ben conservate dell'Habitat prioritario 2250\* (Dune costiere con *Juniperus* spp.) nel litorale Adriatico, insieme ad alcuni lembi di macchia Mediterranea (Habitat 2260). Queste ultime caratteristiche rendono questo sito una stazione chiave per la conservazione della biodiversità delle dune costiere. Le prime indagini sulla vegetazione del sito risalgono a studi fitosociologici avviati nella decade degli anni '80. Più recentemente è stato iniziato un apposito campionamento per il monitoraggio delle cenosi delle dune costiere tramite transetti a fascia. Dall'anno 2001 il sistema dunale viene monitorato attraverso transetti a fascia perpendicolari alla linea di costa. Ciascun transetto viene ripetuto nella stessa posizione geografica con frequenza annuale a partire dal 2008.

Esistono dati relativi all'avifauna raccolti durante il censimento della fauna nidificante secondo la metodologia standardizzata dei punti di ascolto nell'ambito del progetto MITO all'interno del progetto europeo Euromonitoring (anni 2005-2006). Dal 2009 è stato avviato il monitoraggio della Tartaruga di Hermann (*Testudo hermanni*) con rilievi annuali di campo.

Inoltre, è stato analizzato il cambiamento del paesaggio costiero adoperando cartografie di dettaglio realizzate per gli anni 2001 e 2008. In questo periodo, nel settore di duna nel quale si svolge il monitoraggio della vegetazione attraverso i transetti, si è osservato una diminuzione dell'Habitat 2120 (Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*), dovuto principalmente ai processi erosivi della linea di costa.

Viene garantito lo svolgimento dei transetti di vegetazione con una frequenza minima di due anni. Si prevede di ampliare l'analisi multi temporale a scala di paesaggio delle principali categorie di uso del

suolo a partire dal 1954 (primo volo disponibile per questo sito di ricerca).

L'accesso ai dati storici è libero su richiesta per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati.

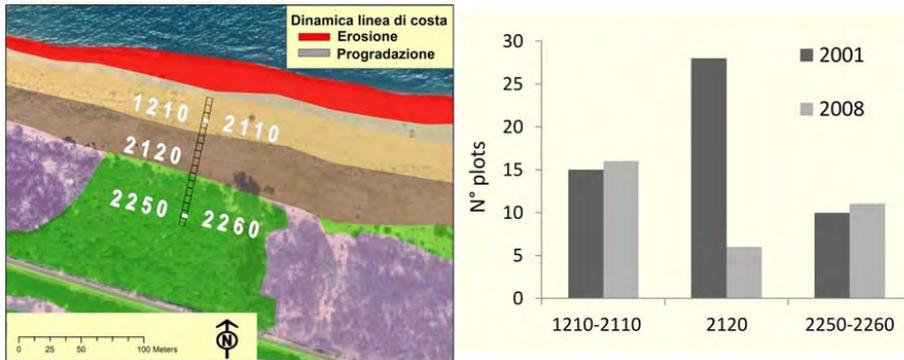


Fig. 8.3.2. Rappresentazione di un Transetto di vegetazione (linea tratteggiata perpendicolare alla riva) in relazione alla dinamica della linea di costa ed alla cartografia degli Habitat di interesse comunitario. 1210-2110: mosaico fra Vegetazione annua delle linee di deposito marine (1210) e Dune embrionali mobili (2110), 2120: Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*, 2250-2260: mosaico tra l'habitat prioritario Dune costiere con *Juniperus* spp. (2250) e Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia* (2260).

#### Riferimenti web:

[www.parks.it/mn.torre.flavia/index.php](http://www.parks.it/mn.torre.flavia/index.php)

[www.envix-lab.unimol.it/STAT/laboratori-1/environmetrica](http://www.envix-lab.unimol.it/STAT/laboratori-1/environmetrica)

#### Riferimenti bibliografici:

- Acosta A. & C.F. Izzi (a cura di). 2007. Le piante esotiche negli ambienti costieri del Lazio. Aracne Editrice, Lanuvio, 100 pp.
- Acosta A., A. Stanisci, S. Ercole & C. Blasi. 2003. Sandy coastal landscape of the Lazio region (Central Italy). *Phytocoenologia* 33(4): 715-726
- Acosta A., M.L Carranza. & C.F. Izzi. 2009. Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiversity and Conservation* 18:1087-1098.

- Acosta A., M.L. Carranza & C.F. Izzi. 2009. Which habitat contributes best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiversity and conservation*. 18:1087–1098.
- Acosta A., M.L. Carranza & F. Izzi. 2005. Combining Land cover mapping of coastal dunes with vegetation analyses. *Applied Vegetation Science*. 8: 133-138.
- Acosta A., T. Jucker, I. Prisco & R. Santoro. 2011. Passive recovery of Mediterranean coastal dunes following limitations to human trampling. Martinez M.I. Hesp P. & Gallego-Fernandez J.B. (a cura di) *Restoration of coastal dunes*. Elsevier, Neatherlands (in stampa).
- Battisti C. (a cura di). 2006. Biodiversità, Gestione, Conservazione di un'area umida del litorale tirrenico: la Palude di Torre Flavia, Roma. Gangemi Editore: 494 pp.
- Carboni M., W. Thuiller, C.F. Izzi & A. Acosta. 2010. Disentangling the relative effect of environmental versus human factors on native-alien patterns of plant diversity on Mediterranean sandy shores. *Diversity and Distributions* 16: 537–546
- Carranza M.L., A. Acosta & D. Giancola. 2004. Analisi del paesaggio costiero del Molise. *GR Estimo e Territorio*, 12: 39-43.
- Carranza M.L., A. Acosta, A. Stanisci., G. Pirone & G. Ciaschetti. 2008. Ecosystem classification and EU habitat distribution assessment in sandy coastal environments. *Environmental Monitoring and Assessment* 140 (1-3): 99-107.
- Gianelli A., A. Stanisci & M.L. Carranza. 2011. Struttura del paesaggio vegetale nelle dune costiere: L'influenza dei fattori di disturbo sulla distribuzione spaziale e la forma degli habitat dunali d'interesse conservazionistico nei Siti Natura2000 in Molise. *Territori* 3:50-57.
- Mastantuono A. (a cura di) 2008. Lontano dal paradiso: le dune del Molise. Collana "I quaderni del Melograno". Termoli: 425 pp.
- Redolfi de Zan L., C. Battisti & G. Carpaneto. 2011. Inter-annual and intra-seasonal patterns of abundance in a set of common waterbirds: a long term study in a mediterranean wetland. *Vie et milieu - life and environment*, 61 (2): 101-106.
- Stanisci A. & M.L. Carranza. 2008. Stato di conservazione delle coste Molisane. In: Marchetti M. (a cura di) *Relazione sullo Stato dell'Ambiente della Regione Molise*: 85 pp.
- Stanisci A., A. Acosta, C.F. Izzi & M. Vergalito. 2006. Flora e vegetazione del litorale molisano: un patrimonio da tutelare. *Arti grafiche Ripalimosani*. Chieti: 102 pp.
- Stanisci A., A. Acosta, M.L Carranza, S. Feola & M. Giuliano. 2007. Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica. *Fitosociologia* 44(2): 171-176.
- Stanisci A., M.L. Carranza, S. Feola & M. Giuliano. 2008. Gli habitat di interesse comunitario e la flora di interesse conservazionistico sul litorale molisano. In: Mastantuono A. (ed.), *Lontano dal paradiso: le dune del Molise*. Collana "I quaderni del Melograno". Termoli: 21-44 pp.

## 9. Isola di Pianosa

F. P. Vaccari

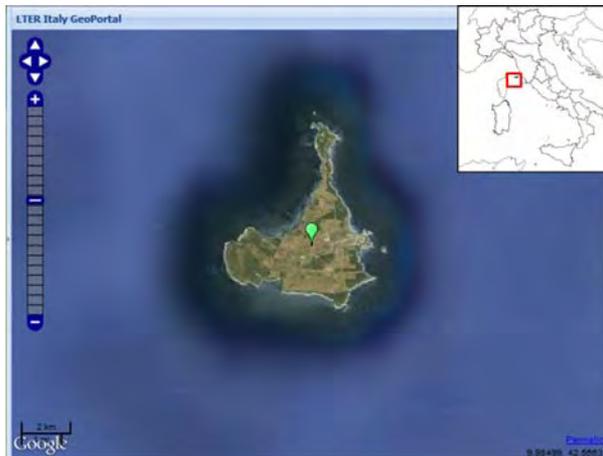
*Sigla:* IT06-001-T

*Persona di contatto:* F. P. Vaccari. Istituto di Biometeorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBIMET-CNR); F.Vaccari@ibimet.cnr.it

*Status di protezione:* sito incluso nel Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano/Riserva MAB Unesco.

*Enti coinvolti:* ISE-CNR; ISAFOM-CNR; IBAF-CNR; Univ. Udine; Univ. Firenze; Univ. Pisa; Univ. Napoli.

Dal 1858 al 1997 l'Isola di Pianosa è stata una Colonia Agricola Penale e successivamente è entrata a far parte del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano. Lo sfruttamento agricolo dell'Isola è stato bruscamente interrotto agli inizi del 1990, mentre le attività del Carcere sono state definitivamente sospese nel 1998.



Lat. 42,58528	Lon. 10,07889	Altitudine media	18 m s.l.m.
Area	10,2 km <sup>2</sup>	Altitudine max	29 m s.l.m.
Sviluppo costiero	20 km	Temp. media	15,8°
		Piovosità media	450 mm

Fig. 9.1. Isola di Pianosa.

L'ecosistema isola dagli inizi del 1990 è stato abbandonato e non gestito e questo rappresenta un caso unico nell'area Mediterranea. Sull'isola è in atto un processo di rinaturalizzazione governato esclusi-

sivamente da forzanti ambientali senza nessun intervento di gestione da parte dell'uomo. La macchia mediterranea presente nella fascia costiera sta lentamente invadendo i campi abbandonati dall'attività agricola. Si stima che la vegetazione terrestre scambia con l'atmosfera circa 120 Gt di carbonio l'anno in un flusso che comprende un termine negativo ovvero l'assimilazione del carbonio da parte delle piante (fotosintesi) ed un termine positivo ovvero il suo successivo ritorno nell'atmosfera in seguito a fenomeni respiratori autotrofi ed eterotrofi. E' facilmente intuibile che una minima variazione di questo flusso, pari ad esempio al 5%, potrebbe avere lo stesso ordine di grandezza di tutte le emissioni antropogeniche di carbonio stimate in circa 6 Gt per anno. Obiettivo delle ricerche è quello di stimare e verificare, utilizzando approcci avanzati, lo scambio gassoso che avviene fra la vegetazione dell'isola e l'atmosfera.

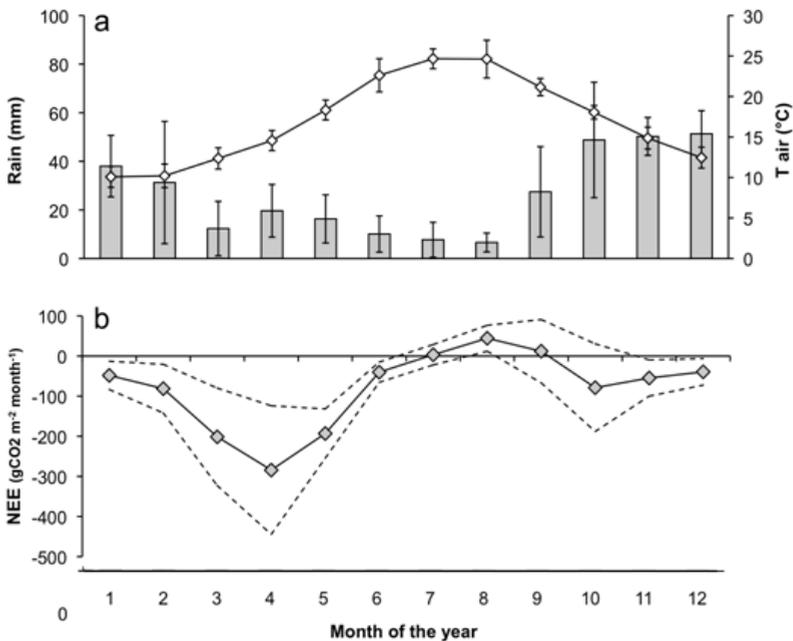


Fig. 9.2. Medie mensili di pioggia e temperatura dell'aria (a) e di NEE (Net Ecosystem Exchange) (b); le linee tratteggiate indicano il 95% dei livelli di confidenza.

Le misure servono a capire sempre meglio le interazioni e le retroazioni che esistono fra clima ed ambiente terrestre, offrendo al mondo scientifico la possibilità, pressoché unica, di verificare sperimentalmente i flussi di gas e la loro dinamica in un contesto ambientale rappresentativo di una buona parte della regione Mediterranea.

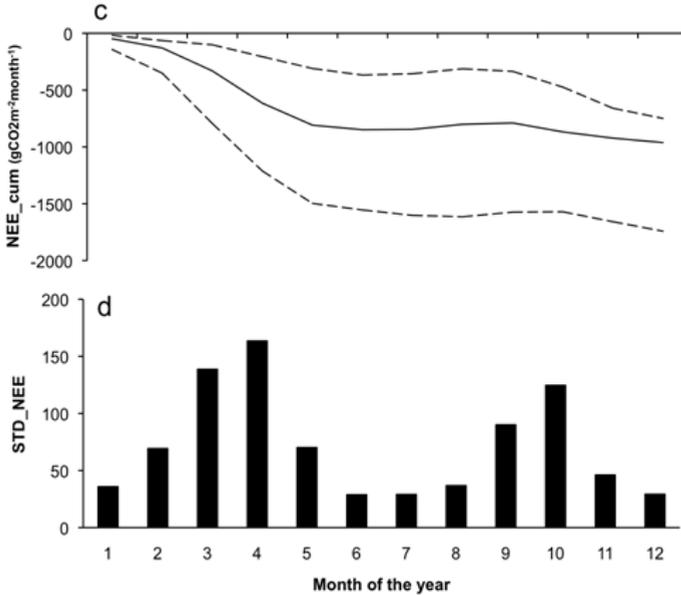


Fig. 9.3. Medie mensili. Cumulata di NEE (c) con le linee tratteggiate l'anno peggiore (2003) e l'anno migliore (2006). Deviazione standard della NEE (d).

Le ricerche iniziate nel 2000, sono tutt'ora in corso e ad oggi sono state organizzate e realizzate più di 30 missioni scientifiche sull'Isola, grazie al supporto del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano e dell'Amministrazione Penitenziaria. Le strumentazioni di misura hanno consentito di quantificare l'anidride carbonica che l'Isola scambia annualmente con l'atmosfera ed ha consentito la comprensione del ciclo del carbonio dell'Isola nella sua variabilità annuale ed interannuale. I risultati contribuiscono ai networks internazionali Fluxnet, rete di stazioni permanenti di misura dei flussi di  $\text{CO}_2$  gestita dalla NASA, e GTOS, gestita dalla FAO per le ricerche sugli ecosistemi. Le ricerche sono state presentate in più di 15 convegni scientifici nazionali ed internazionali e sono stati realizzati due volumi e più di 30 pubblicazioni scientifiche.

**Riferimenti bibliografici:**

- Vaccari, F.P., B. Gioli, A. Zaldei, F. Sabatini, T. Georgiadis, F. Rossi, A. Peressotti, V. Magliulo, & F. Miglietta. 2004. Net Ecosystem Exchange (NEE) of the Island of Pianosa. *Journal of Mediterranean Ecology* 5, 1: 53-60.
- Reichstein M., et al. 2005. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, 11, 9: 1424–1439. 3.
- Ciais Ph., et al. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437: 529-533.
- Inglima I., et al. 2009. Precipitation pulses enhance respiration of Mediterranean ecosystems: the balance between organic and inorganic components of increased soil CO<sub>2</sub> efflux. *Global Change Biology* 15, 5: 1289-1301.

## 10. Laghi Sudalpini

*R. Bertoni, M. Bresciani, F. Buzzi, N. Salmaso, M. Manca, G. Morabito*

*Sigla:* IT08-000-A

*Persona di contatto:* R. Bertoni, CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania; da aprile 2012: N. Salmaso, IASMA Research and Innovation Centre, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, Fondazione E. Mach

Il sito fa parte della rete LTER dal suo inizio ed include cinque ambienti lacustri pedemontani situati a sud delle Alpi, rappresentativi dei piccoli laghi morenici dimittici e dei grandi laghi profondi subalpini oligomittici, soggetti a regime climatico mediterraneo subtropicale, situati a quote com prese tra i 65 ed i 300 m s.l.m. I siti di ricerca che ne fanno parte attualmente sono, da ovest ad est, il Lago di Candia, il Lago d'Orta, il Lago Maggiore, il Lago di Como ed il Lago di Garda.

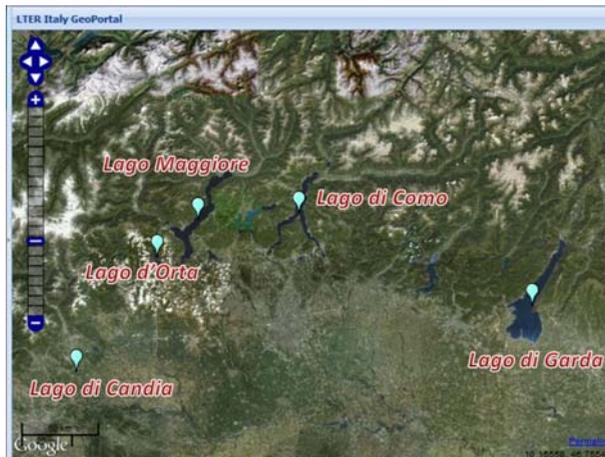


Fig. 10.1. I laghi inclusi nel sito LTER Laghi Sudalpini.

Si tratta di ambienti studiati da diverse Istituzioni con finalità diverse, ma accumulati dal fatto che ciascuno di essi dispone di rilevanti serie di dati ecologici a lungo termine relative agli aspetti meteorologici e limnologici.

## 10.1. Lago di Candia

*Sigla:* IT08-002-A

*Status di protezione:* il Sito è incluso nel Parco Naturale di interesse provinciale del Lago di Candia

*Persona di riferimento:* G. Morabito, CNR-ISE, Verbania.

*Enti coinvolti:* CNR-ISE, Verbania.



### Lago di Candia

Lat. 45,32445 Lon. 7,91132

Livello medio	226 m s.l.m.
Area	1,5 km <sup>2</sup>
Profondità massima	7,7 m
Profondità media	4,7 m
Volume	0,007 km <sup>3</sup>

Fig. 10.1.1. Lago di Candia

Il sito di ricerca del Lago di Candia (Fig. 10.1.1) è localizzato nel comune di Candia nel Canavese, a circa 30 km da Torino. Dal 1995, il lago e il territorio circostante sono protetti come parco naturale di interesse provinciale, ambiente che occupa una superficie di 336,17 ha.

Il Lago di Candia ha subito, nel corso della sua evoluzione secolare, un naturale aumento del suo stato trofico. Tuttavia un deciso peggioramento della sua qualità ecologica ha luogo a partire dagli anni '60, seguendo quel processo di eutrofizzazione culturale comune a molti ambienti lacustri. Tra la fine degli anni '70 e la metà degli anni '80, l'ecosistema fu interessato da morie ittiche e dall'enorme sviluppo di macrofite acquatiche emerse e sommerse.

Lo studio scientifico sistematico del Lago di Candia è iniziato nel 1985, quando il CNR di Verbania Pallanza fu chiamato a realizzare uno studio limnologico dell'ambiente con lo scopo di proporre un possibile intervento di risanamento. Tale intervento, oltre al controllo delle fonti inquinanti dal bacino, prevedeva l'applicazione di ecotecnologie finalizzate a ridurre gli effetti dell'eutrofizzazione. L'intervento era articolato su tre azioni parallele:

a) riduzione numerica delle popolazioni ittiche sovrabbondanti, favorite dall'eutrofizzazione e trascurate dall'attività di pesca, al fine di indurre un aumento della densità zooplanctonica con conseguente dimi-

nuzione della densità algale ed aumento di trasparenza delle acque (biomanipolazione);

b) gestione della zona umida confinante con il bacino lacustre, così da ripristinare ed incrementare le aree riproduttive delle specie ittiche, in particolare i predatori ittiofagi (lucio e persico trota), per aumentare il controllo per predazione delle specie ittiche esuberanti (scardola);

c) raccolta stagionale ed asportazione dal bacino di una porzione di biomassa di macrofite acquatiche, al fine di conseguire una riduzione del carico interno di nutrienti.

La sperimentazione condotta nel Lago di Candia ha dimostrato come sia possibile ottenere apprezzabili miglioramenti della trofia attraverso una gestione mirata di alcune componenti chiave della biocenosi lacustre. Le modificazioni della comunità ittica e di quella macrofittica prodotte dagli interventi si sono propagate all'interno della rete trofica, determinando una notevole riduzione della produttività fitoplanctonica (Fig. 10.1.2). Meccanismi di controllo top-down (riduzione dei pesci zooplanctivori) e bottom-up (riduzione della disponibilità di nutrienti per le alghe) hanno operato sinergicamente in maniera efficace determinando una riduzione della biomassa fitoplanctonica di circa il 50%.

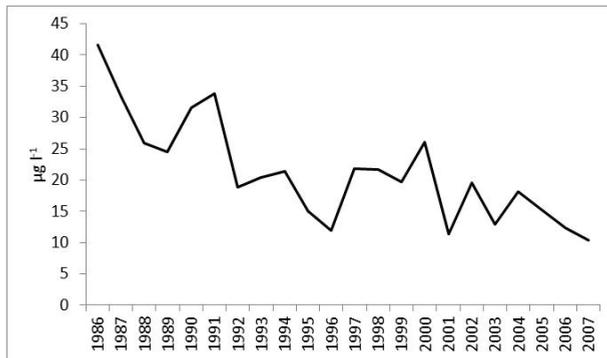


Fig. 10.1.2. Evoluzione della concentrazione di Clorofilla totale. I dati si riferiscono ai valori medi ponderati sulla colonna.

Dopo il 1991 l'ecosistema lacustre ha assunto un nuovo assetto passando dallo stato di eutrofia a quello di mesotrofia. La continuità nella gestione della biocenosi a macrofite ha permesso di mitigare anche le spinte eutrofizzate derivanti dagli apporti esterni di nutrienti. Si deve

tuttavia osservare che le relazioni causa-effetto cui si accenna sono relative ai comparti interni all'ecosistema lago e, al momento, non tengono conto di possibili effetti derivanti da fattori esterni quali variazioni meteo-climatiche, idrologiche e dalle attività umane a livello di bacino che possono incidere, in maniera diretta o indiretta, sulla quantità di nutrienti in ingresso al lago.

L'accesso ai dati storici è libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili (imbarcazioni e sistemi di campionamento) è possibile previo accordo con la Direzione dell'Istituto.

## 10.2. Lago d'Orta

*Sigla:* IT08-003-A

*Persona di riferimento:* M. Manca, CNR-ISE, Verbania.

*Enti coinvolti:* CNR-ISE, Verbania, CNR-IRSA, Brugherio.

Il Lago d'Orta, settimo lago italiano per volume e profondità massima, occupa la parte sud-ovest del bacino idrografico del Lago Maggiore, ed è il più occidentale dei grandi laghi prealpini.



### Lago d'Orta

Lat. 45,9210 Long. 8,4045

Livello medio	290 m s.l.m.
Perimetro	33,8 km
Area	18,14 km <sup>2</sup>
Volume	1,29 km <sup>3</sup>
Profondità massima	143 m
Profondità media	71 m
Tempo teorico di ricambio	8,5 anni

Fig. 10.2. Lago d'Orta.

Il lago è tristemente noto per il pesante inquinamento cui andò incontro sul finire degli anni '20, a seguito dello scarico dei reflui di la-

vorazione della seta artificiale (Rayon) con il metodo cupro-ammoniacale da parte dell'industria Bemberg, insediatasi nel 1926 presso Gozzano, all'estremità meridionale del lago. Le acque venivano prelevate in ingenti quantità ed erano restituite a lago arricchite in solfati di rame e ammonio. Naturalmente oligotrofo, prima dell'inquinamento il Lago d'Orta si caratterizzava per la ricchezza della biocenosi planctonica e del popolamento ittico. Un anno dopo l'insediamento della fabbrica scomparvero dal lago il fitoplancton e lo zooplancton e, tempo due anni, risultarono scomparsi dal lago anche i pesci. I sali di rame furono responsabili del danno causato alle alghe, primo livello della rete trofica; l'effetto meccanico esercitato dalla deposizione dei composti di ferro e del rame sulle branchie fu causa della scomparsa delle numerose specie di pesci presenti. L'immissione di composti cupro-ammoniacali determinò una diminuzione del pH, fino ad un minimo di 3,9 unità, in conseguenza dell'ossidazione biochimica dell'azoto ammoniacale ad azoto nitrico e dello scarso potere tampone delle acque lacustri, poco arricchite in carbonati e bicarbonati, data la prevalenza nel bacino imbrifero di rocce intrusive acide. Nel 1958, nonostante la riduzione del 90% del carico di rame a lago, i livelli di questo metallo si mantennero elevati e pressoché costanti per il persistere della spiccata acidità delle acque dovuta al perdurare dell'azoto ammoniacale nelle acque reflue. L'avvio negli anni '60 di aziende elettrolitiche sulla sponda occidentale del lago, determinò, in aggiunta al rame, l'apporto di Cu, Zn, Hg, Ni, Cr e altri metalli in traccia.

Nel 1976, a seguito della promulgazione della Legge 319/76 per la tutela delle acque dall'inquinamento, la Ditta Bemberg si premunì di un impianto a resine a scambio ionico per il trattamento degli scarichi, impianto che entrò in funzione nel 1980. Ciononostante, verificato come il persistere di condizioni di acidità non consentisse l'abbattimento dei metalli pesanti, su proposta del CNR ISE fu pianificato un intervento di *liming*, volto ad accelerare i tempi naturali di autodepurazione del lago, stimati in 15-20 anni. L'intervento, effettuato nel 1989-90, portò all'innalzamento del pH tra 6 e 7 unità e ad una notevole diminuzione dell'azoto ammoniacale e dei metalli in soluzione. La graduale ricomparsa della vita nel lago è stata documentata fin dai primi anni '90. Gli studi limnologici si sono integrati con quelli

paleolimnologici, consentendo di dettagliare le fasi dell'inquinamento e le peculiarità delle comunità biotiche riapparire in lago a seguito del suo risanamento. Tra gli aspetti studiati vi è quello della consistenza di stadi duraturi di organismi planctonici in carote di sedimento.

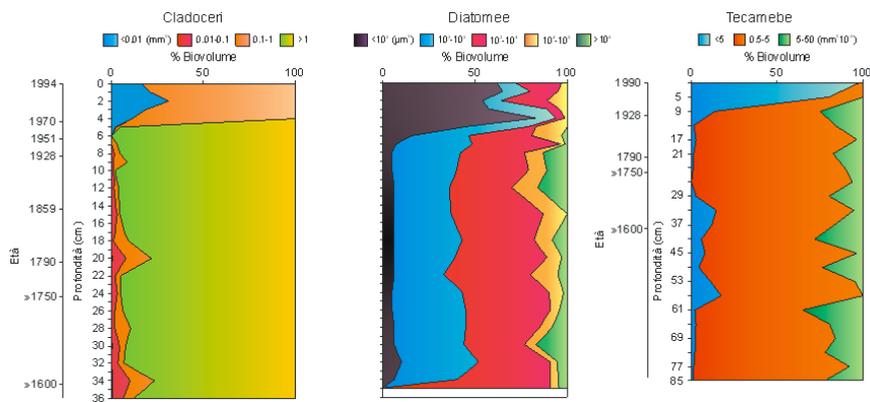


Fig. 10.2.1. L'inquinamento del Lago d'Orta è classificabile come uno stress secondo la definizione data da Odum (1985): l'inquinamento e le prime fasi del recupero hanno visto il prevalere di organismi di piccola taglia nei diversi livelli trofici e regni di appartenenza (da: Manca & Comoli 1995; Jeppesen et al. 2001; Cattaneo et al. 1998).

Oltre a documentare la risposta all'inquinamento, tali stadi (efippi e uova durature di rotifero) consentono di sperimentare la risposta alla presenza d'inquinanti su organismi che hanno popolato il lago in diversi momenti della sua evoluzione. Studi in corso hanno messo in luce i meccanismi di resistenza e le strategie di adattamento degli organismi planctonici durante le diverse fasi dell'inquinamento e del recupero del lago.

### 10.3. Lago Maggiore

*Sigla:* IT08-001-A

*Status di protezione:* il Sito include alcune delle Aree naturali protette del Verbano.

*Persona di riferimento:* R. Bertoni, C. Callieri (dal 2012), CNR-ISE, Verbania.

*Enti coinvolti:* CNR-ISE, Verbania. Commissione per la Protezione delle Acque Italo Svizzere (CIPAS).

Il Lago Maggiore o Verbano è un grande lago pedemontano originato dalla rimodellazione glaciale di una persistente valle fluviale. E' il secondo per superficie in Italia ed è sito tra le provincie di Varese (ad est), quelle di Novara e di Verbania ad ovest ed il Canton Ticino (Svizzera) a Nord.



### Lago Maggiore

Lat. 46,07609 Lon. 8,7204

Livello medio	194 m s.l.m.
Area bacino imbrifero	6599 km <sup>2</sup>
Area lago	212,2 km <sup>2</sup>
Perimetro	170 km
Volume lago	37,1 km <sup>3</sup>
Profondità max	370 m
Profondità media	177 m
Flusso medio emissario	292 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
Tempo di rinnovo	14,5 anni

Fig. 10.3.1. Lago Maggiore

Il Lago Maggiore è uno dei laghi italiani meglio studiati perché dal 1940 è attivo sulle sue rive, in Verbania, un istituto per la ricerca ecologica sulle acque interne, denominato Istituto Italiano di Idrobiologia dalla fondazione nel 1938 al 2001, quando divenne parte dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi del CNR.

Il lago è andato incontro in passato ad un processo di eutrofizzazione, che ha raggiunto il culmine verso la fine degli anni 70. In seguito, grazie all'adozione di normative per il controllo dell'eutrofizzazione ed all'entrata in funzione di numerosi impianti di depurazione, il lago ha subito un processo di oligotrofizzazione che lo ha condotto all'attuale stato di meso-oligotrofia. La raccolta sistematica dal 1980 ad oggi di dati meteorologici, limnologici, idrochimici e biologici, condotta con il supporto finanziario della Commissione Italiana per la Protezione delle Acque Italo Svizzere (CIPAIS) ha permesso di costituire un imponente database di dati che documentano, oltre all'evoluzione trofica del lago, anche l'impatto su di esso dei cambiamenti climatici in atto.

L'evoluzione pluriennale della concentrazione di clorofilla nel Lago Maggiore (Fig. 10.3.2, sinistra), che riflette l'evoluzione del popolamento algale, mostra che la sua concentrazione si è ridotta considerevolmente negli ultimi 30 anni, riflettendo la parallela diminuzione della concentrazione nel lago del fosforo, il nutriente limitante la produzione algale nel Lago Maggiore. L'evoluzione pluriennale della temperatura del lago nello strato d'acqua da 0 a 20 m (Fig. 10.3.2, destra) evidenzia come il Lago Maggiore si sia andato riscaldando dal 1980 ad oggi e come, negli strati d'acqua più superficiali, si sia anche progressivamente ampliato il periodo di acque più calde.

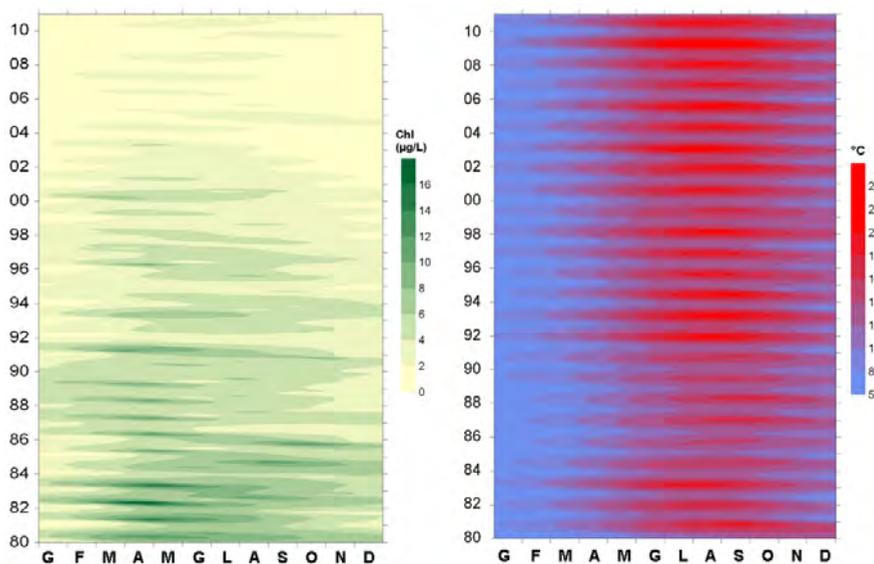


Fig. 10.3.2. Lago Maggiore: evoluzione pluriennale della concentrazione di clorofilla (a sinistra) e della temperatura (a destra) nello strato 0-20 m.

Le ricerche ecologiche attualmente in corso sul Lago Maggiore sono volte, oltre che a proseguire lo studio dell'evoluzione temporale delle variabili meteo-climatiche, fisiche chimiche, biologiche e microbiologiche, ad indagare problemi specifici quali, ad esempio, i meccanismi di circolazione delle acque lacustri, gli effetti ecologici dell'evoluzione climatica in atto, la biodiversità microbica del picoplancton autotrofo ed eterotrofo, la struttura della catena alimentare zooplanctonica, l'evoluzione del popolamento ittico. L'accesso ai dati storici è

libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili (imbarcazioni, sistemi di campionamento, laboratori, foresteria) è possibile previo accordo con la Direzione dell'Istituto.

## 10.4. Lago di Garda

*Sigla:* IT08-004-A

*Status di protezione:* sito natura 2000 IT3210018 “Basso Garda” di 1432 ha.

*Persona di riferimento:* N. Salmaso, IASMA Research and Innovation Centre, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, Fondazione E. Mach.

*Enti coinvolti:* IASMA-FEM per Stazione di ricerca “Lago di Garda”, CNR-IREA per Stazione Sperimentale di Sirmione “Eugenio Zilioli”.

Per estensione e volume il Lago di Garda (Benaco) è il bacino più grande d'Italia (Fig. 10.4.1). E' collocato tra le regioni Veneto (a est), Lombardia (a ovest) e la Provincia Autonoma di Trento (a nord).



### Lago di Garda

Lat. 45,5806. Lon. 10,6205

Area bacino imbrifero 2290 km<sup>2</sup>

Area lago 368 km<sup>2</sup>

Volume lago 49 km<sup>3</sup>

Livello medio 65 m s.l.m.

Profondità max 350 m

Profondità media 133 m

Perimetro 165 km

Area bacino imb. / area lago 6

Flusso medio emissario 58 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>

Tempo di rinnovo teorico 14,5 anni

Fig. 10.4.1. Lago di Garda

Negli ultimi anni le presenze turistiche sono aumentate fino a valori superiori a 20-25 milioni l'anno, in buona misura dovute al flusso proveniente dai paesi europei.

Rispetto a molti altri laghi subalpini (es., Maggiore, Lugano, Costanza, Ginevra), ricerche a lungo termine svolte con frequenza almeno mensile sono iniziate soltanto a partire dal 1991. Oltre ad

un'indagine coordinata dall'IRSA tra il 1970 e il 1972, nel periodo precedente gli unici campionamenti sono stati svolti a frequenza annuale, comprendendo dati fisici e chimici raccolti nel periodo di massima circolazione primaverile. Dal 1991 il primo periodo della ricerca LTER è stato coordinato dall'Università di Padova. Dal 2005 le attività sono condotte dal gruppo di ricerca limnologica dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, Fondazione E. Mach.

Dal 1971 fino al periodo più recente il Garda ha mostrato un aumento dello stato trofico, con concentrazioni di P-totale (TP) passate da poco meno di  $10 \mu\text{g P L}^{-1}$  a circa  $18\text{-}20 \mu\text{g P L}^{-1}$  (Fig. 10.4.2a).

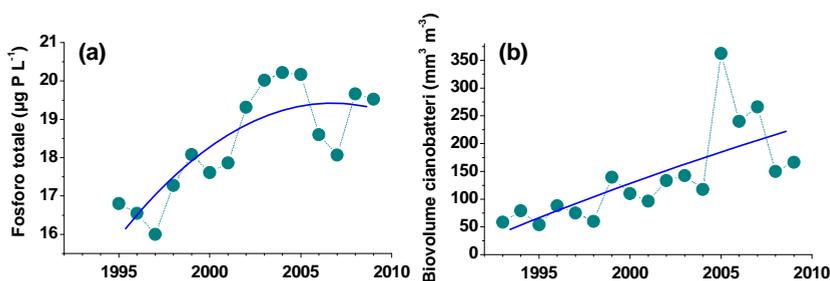


Fig. 10.4.2. Medie annuali (a) del fosforo totale sull'intera colonna d'acqua e (b) del biovolume dei cianobatteri tra 0 e 20 m.

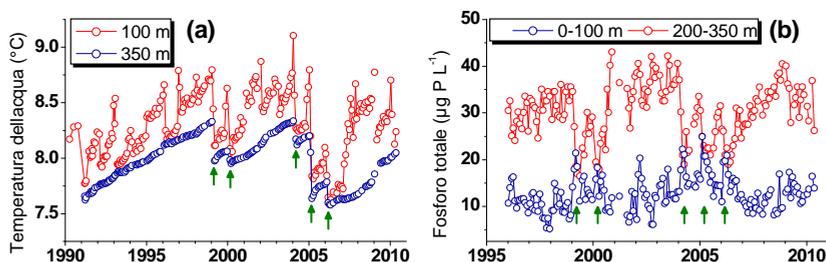


Fig. 10.4.3. Evoluzione temporale (a) delle temperature ipolimnetiche e (b) del fosforo totale. Le frecce indicano la completa circolazione.

L'aumento di TP ha determinato una diminuzione della trasparenza delle acque, un aumento di biomassa algale e di cianobatteri (*Planktothrix rubescens*) (Fig. 10.4.2. b) anche sotto forma di fioriture algali dovute a *Dolichospermum* (= *Anabaena*) *lemmermannii* documentate per la prima volta nel 1991.

Sovrapposte al trend decadale, le fluttuazioni interannuali sono determinate in larga parte dalle dinamiche di mescolamento delle acque profonde. La Fig. 10.4.3.a mostra la tipica evoluzione a “dente di sega” delle temperature ipolimnetiche del Garda causata dall’alternanza di periodi di riscaldamento interrotti da bruschi episodi di raffreddamento. Tali episodi, coincidenti con la completa circolazione delle acque, e il completo rifornimento epilimnetico di nutrienti (Fig. 10.4.3.b), sono stati documentati nel 1991, 1999, 2000 e tra il 2004 e il 2006. Recenti ricerche hanno messo in evidenza una stretta dipendenza delle dinamiche di mescolamento profondo da specifici modi di circolazione atmosferica (Salmaso, in press). Similmente agli altri laghi profondi sud-alpini, sin dalle prime osservazioni (1971) le acque del Garda hanno mostrato un aumento della temperatura di circa 0.1 °C per decade (Salmaso & Mosello, 2010).

Le indagini LTER attualmente in corso presso la Stazione di ricerca “Lago di Garda” sono finalizzate alla comprensione dei meccanismi che controllano l’evoluzione a lungo termine della struttura termica, delle caratteristiche chimiche e delle comunità planctoniche, con particolare riguardo ai cianobatteri e alle cianotossine. Altri studi riguardano l’impatto delle cianotossine sulle reti trofiche, l’ecofisiologia e genetica di popolazioni di cianobatteri tossici e la paleolimnologia. I dati sono regolarmente pubblicati su riviste internazionali, comprendendo anche analisi sinottiche, in collaborazione con gruppi di ricerca operanti sugli altri laghi profondi.

Lo studio di questo lago con tecniche di telerilevamento, realizzato dalla Stazione Sperimentale di Sirmione “Eugenio Zilioli”, sono iniziate nei primi anni ’90, consolidandosi poi nel 1996 con il progetto SALMON (Satellite Remote Sensing for Lake Monitoring, 4FP EC). Nel 2000 fu istituita una stazione sperimentale del CNR (dal 2005 denominata “Stazione Sperimentale di Sirmione Eugenio Zilioli”) che nel basso Garda è punto di riferimento per la raccolta di misure in situ a supporto del telerilevamento. Quest’approccio ha prodotto mappe tematiche relative a parametri indicatori di qualità dell’acqua, quali ad es. la concentrazione di clorofilla (dati da sensore MERIS a bordo del satellite Envisat-1 dell’Agenzia Spaziale Europea), ed alla distribuzione delle macrofite acquatiche, emerse e sommerse (Fig. 10.4.4). Queste ultime informazioni in particolare sono utili per la gestione del po-

polamento a macrofite e per la conoscenza della sua evoluzione temporale.

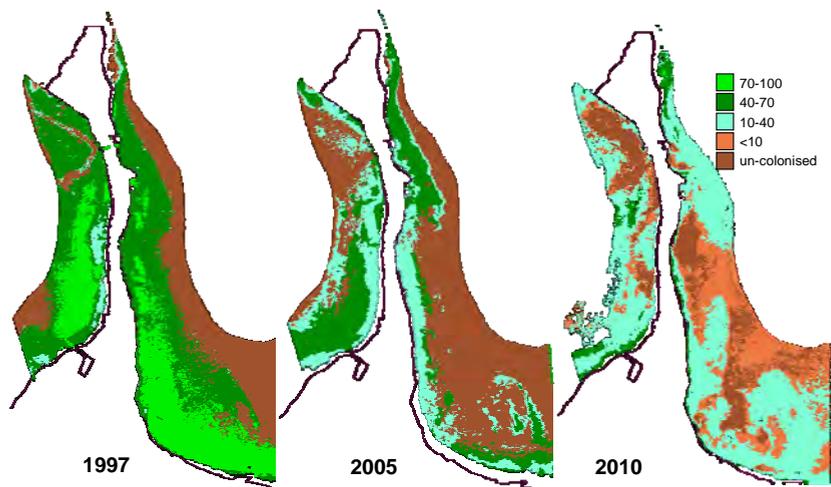


Fig. 10.4.4. Evoluzione delle aree colonizzate da macrofite sommerse nelle acque costiere della Penisola di Sirmione (in legenda le percentuali di copertura). Dati acquisiti con sensori iperspettrali montati su aereo.

## 10.5. Lago di Como

*Sigla:* IT08-005-A

*Status di protezione:*

*Persona di riferimento:* F. Buzzi, ARPA Lombardia Dipartimento di Lecco

*Enti coinvolti:* ARPA Lombardia

Il Lago di Como, originariamente oligotrofo, ha subito un processo di eutrofizzazione a partire dagli anni '60 e culminato negli anni '80 quando la concentrazione di fosforo totale rilevata nella stazione di Como fu di  $80 \mu\text{g l}^{-1}$ . In questa fase la composizione del popolamento fitoplanctonico ha subito notevoli variazioni con la graduale crescita di importanza di alcune specie quali *Planktothrix rubescens*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Fragilaria crotonensis* e *M. aeruginosa* protagonista di una estesa fioritura nel 1983 a Como.



### Lago di Como

Lat 46,016 Lon 9,258

Area bacino imbrifero 4509 km<sup>2</sup>

Area lago 145,9 km<sup>2</sup>

Volume lago 22,5 km<sup>3</sup>

Livello medio 199 m s.l.m.

Profondità max 410 m

Profondità media 154 m

Perimetro 170 km

Area bacino imb. / area lago 0,9

Flusso medio emissario 158,3 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>

Tempo di rinnovo 4,5 anni

Fig. 10.5.1. Lago di Como

I dati relativi alla comunità zooplanctonica hanno indicato un aumento di Cladoceri soprattutto *Eubosmina coregoni*. La successiva riduzione dei carichi, determinanti concentrazioni in lago di 46 e 40  $\mu\text{gP l}^{-1}$  nel bacino ovest lungo l'asse Colico-Lecco rispettivamente, ha portato alla diminuzione della biomassa.

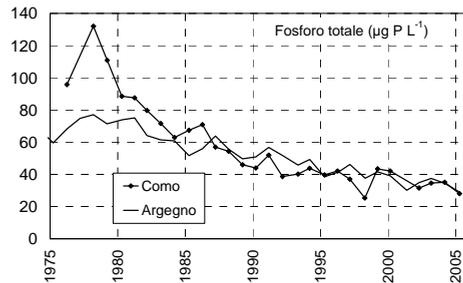


Fig. 10.5.2. Evoluzione temporale del fosforo totale lungo la colonna d'acqua alla circolazione primaverile nel bacino occidentale del Lario.

Anche la comunità zooplanctonica ha fatto segnare una diminuzione della densità dei Cladoceri (*E. coregoni* e *Daphnia hyalina*) ed un aumento di quella dei Diaptomidi (*Eudiatomus padanus*). La diminuzione della concentrazione di fosforo totale è continuata fino a raggiungere i 35  $\mu\text{g P l}^{-1}$  nel 1999 (Fig. 10.5.2) pur senza determinare variazioni significative né della composizione specifica del fitoplancton, in questo periodo occasionalmente dominato da *P. rubescens* (fino a

50.000 cell ml<sup>-1</sup> nelle stazione di Como), né nella sua abbondanza espressa come biovolume (Fig. 10.5.3).

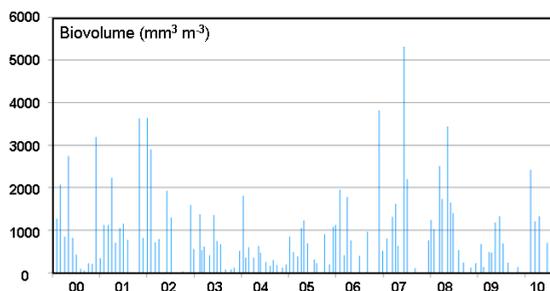


Fig. 10.5.3 Evoluzione temporale del biovolume totale di fitoplancton nello strato integrato nella stazione di Dervio.

#### Riferimenti web:

[www.ise.cnr.it/lter/candia.htm](http://www.ise.cnr.it/lter/candia.htm); [www.parks.it/parco.lago.candia/](http://www.parks.it/parco.lago.candia/)  
[www.ise.cnr.it/lter/orta.htm](http://www.ise.cnr.it/lter/orta.htm)  
[www.ise.cnr.it/lter/magg.htm](http://www.ise.cnr.it/lter/magg.htm); [www.cipais.org](http://www.cipais.org); [www.parchilagomaggiore.it/](http://www.parchilagomaggiore.it/)  
[www.limno.eu](http://www.limno.eu), [www.iasma.it](http://www.iasma.it), [cri.fmach.eu/](http://cri.fmach.eu/);  
[www.crasirmione.it/](http://www.crasirmione.it/)

#### Riferimenti bibliografici:

- Bertoni R. (a cura di) 2011. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2007-2012. Campagna 2010. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 82 pp.
- Bertoni R., C. Callieri, G. Corno, S. Rasconi, E. Caravati & M. Contesini. 2010. Long-term trends of epilimnetic and hypolimnetic bacteria and organic carbon in a deep holo-oligomictic lake. *Hydrobiologia* 644: 279-287
- Bertoni R., W. Ambrosetti, & C. Callieri. 2010. Physical constrains in the deep hypolimnion of a subalpine lake driving planktonic Bacteria and Archaea distribution. *Advanc. Limnol. Oceanogr.* 1: 85-96
- Bonacina C., & R. Baudo (Eds). 2001. Lake Orta: a case study. *J.Limnol.* 60: 166 pp
- Bresciani M., C. Sotgia, G.L. Fila, M. Musanti & R. Bolpagni. 2011. Assessing common reed bed health and management strategies in Lake Garda (Italy) by means of Leaf Area Index measurements. *Italian Journal of Remote Sensing*, 43(2): 9-22.
- Bresciani M., R. Bolpagni, F. Braga, A. Oggioni & C. Giardino. 2012. Retrospective assessment of macrophytic communities in southern Lake Garda (Italy) from in

- situ and MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) data. *J. Limnol.*, 71(1): 180-190.
- Buzzi, F. 2002. Phytoplankton assemblages in two sub-basins of Lake Como. *J. Limnol.*, 61 (1): 117-128.
- Buzzi F., L. Colzani & E. Pizzotti. 2000. Il lago di Como: studi pregressi e campagne limnologiche in corso. Atti Giornata di Studio "I laghi come risorsa per lo sviluppo", Milano, 16 ottobre 1998. Consiglio Regionale della Lombardia e Politecnico di Milano. 91-109.
- Cattaneo A., A. Asioli, P. Comoli, & M. Manca. 1998. Organisms' response in a chronological polluted lake supports hypothesized link between stress and size. *Limnol. Oceanogr.* 43: 1939-1943.
- Galanti G., P. Guilizzoni & V. Libera. 1990 Biomanipulation of Lago di Candia (Northern Italy): a three-year experience of aquatic macrophyte management. n: R.D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M.-L. Meijer and E. van Donk (Eds), *Biomanipulation-Tool for Water Management. Hydrobiologia*, 200/201: 409-417.
- Galanti G., P. Guilizzoni, M. Mangoni, A. Nocentini & A. Piva. 1991 A study on the littoral sediments and macrobenthos in connection with the harvesting of aquatic macrophytes in Lago di Candia (N. Italy). In: Giussani, G., L. Van Liere and B. Moss (Eds.), *Ecosystem research in freshwater environment recovery. Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 48: 163-184.
- Giardino C., V.E. Brando, A.G. Dekker, N. Strömbeck, & G. Candiani. 2007. Assessment of water quality in Lake Garda (Italy) using *Hyperion*. *Remote Sensing of Environment* 109: 183-195.
- Giussani G., R. de Bernardi, & T. Ruffoni. 1990 Three years of experience in biomanipulating a small eutrophic lake: Lago di Candia (Northern Italy). In: R.D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M.-L. Meijer and E. van Donk (Eds), *Biomanipulation-Tool for Water Management. Hydrobiologia*, 200/201: 357-366.
- Guilizzoni P., A. Lami, A. Marchetto, P.G. Appleby, & F. Alvisi. 2001. Fourteen years of palaeolimnological research of a past industrial polluted lake (L. Orta, Northern Italy): an overview. *J. Limnology*: 60, 249-262.
- Jeppesen E., P. Leavitt, L. De Meester, & J.P. Jensen. 2001. Functional ecology and palaeolimnology: using cladoceran remains to reconstruct anthropogenic impact. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(4): 191-198.
- Manca M., & P. Comoli. 1995. Temporal variations of fossil Cladocera in the sediments of Lake Orta (N. Italy) over the last 400 years. *J. Paleolimnol.* 14: 113-122.
- Ruggiu D., A. Luglié, A. Cattaneo, & P. Panzani. 1998. Paleocological evidence for diatom responses to metal pollution in Lake Orta (N. Italy). *J. Paleolimnol.* 20: 333-345.
- Salmaso N., G. Morabito, L. Garibaldi, & R. Mosello. 2007. Trophic development of the deep lakes south of the Alps: a comparative analysis. *Fundamental and Applied Limnology, Archives Fur Hydrobiologie*, 170: 177-196.

- Salmaso N. 2012. Influence of atmospheric modes of variability on the limnological characteristics of a deep lake south of the Alps. *Climate Research*, (in press). DOI 10.3354/cr01063
- Salmaso N., & R. Mosello. 2010. Limnological research in the deep southern subalpine lakes: synthesis, directions and perspectives. *Advances in Oceanography and Limnology* 1: 29–66.
- Salmaso N. 2010. Long-term phytoplankton community changes in a deep subalpine lake: responses to nutrient availability and climatic fluctuations. *Freshwater Biology* 55: 825–846.
- Salmaso N., G. Morabito, R. Mosello, L. Garibaldi, M. Simona, F. Buzzi, & D. Ruggiu. 2003. A synoptic study of phytoplankton in the deep lakes South of the Alps (Lakes Garda, Iseo, Como, Lugano and Maggiore). *J. Limnol.* 62 (2): 207-227.
- Salmaso N., G. Morabito, F. Buzzi, L. Garibaldi, M. Simona, & R. Mosello. 2006. Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. *Hydrobiologia* 563: 167-187.

## 11. Laghi di montagna

G. Rossetti, G. Flaim, M. Rogora, B. Thaler

Sigla: IT09-000-A

Persona di contatto: G. Rossetti, Dip. di Scienze Ambientali, Univ. di Parma; giam-paolo.rossetti@unipr.it

Il sito “Ambienti lentici del versante nord dell’Appennino Tosco-Emiliano” è entrato a far parte della Rete LTER nel novembre 2007 e comprendeva allora due siti di ricerca principali nell’Appennino Settentrionale (Lago Santo Parmense e Lago Scuro Parmense). Da ottobre 2011 il sito ha assunto l’attuale denominazione di “Laghi di montagna” a seguito dell’inclusione di ulteriori sei siti principali di ricerca: due nelle Alpi Centrali, uno nelle Dolomiti del Brenta e tre nella Provincia di Bolzano (Fig. 11.1).

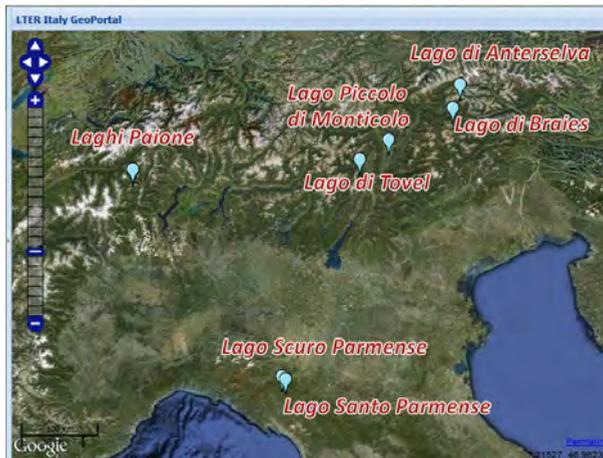


Fig. 11.1. I laghi del sito LTER Laghi di montagna.

A questo sito collaborano diversi enti di ricerca. In esso sono rappresentate diverse tipologie di ambienti lacustri montani disposti lungo un ampio gradiente altitudinale (da quote collinari fino oltre il limite della vegetazione arborea) e differenti per origine, geologia dei bacini, morfologia delle cuvette lacustri, stato trofico delle acque, caratteristiche ed intensità degli impatti antropici. Le tematiche di ricerca a lungo termine comuni a tutti questi ambienti riguardano soprattutto lo

studio del chimismo delle acque e dei popolamenti planctonici. Per tutti i laghi l'accesso ai dati già pubblicati è libero, riportando la fonte; l'utilizzo di dati inediti sarà valutata sulla base di una richiesta scritta motivata, con obbligo di citazione della fonte e la possibilità di includere il responsabile del sito tra gli autori di eventuali pubblicazioni.

### 11.1. Lago Santo Parmense e Lago Scuro Parmense

*Sigla:* IT09-001-A e IT09-002-A

*Status di protezione:* laghi inclusi nel Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano

*Persona di riferimento:* G. Rossetti, Dip. di Scienze Ambientali, Univ. di Parma

*Enti coinvolti:* Dipartimento di Scienze Ambientali, Univ. di Parma



#### Lago Santo Parmense

Lat. 44,4022 Lon. 10,0075

Superficie:	8,16 ha
Altitudine:	1507 m s.l.m.
Profondità massima:	22,5 m
Profondità media:	11,3 m
Volume:	925000 m <sup>3</sup>

Fig. 11.1.1. Il Lago Santo Parmense visto dal sentiero che conduce al Monte Marmagna (1851 m s.l.m.), punto di massima elevazione del bacino idrografico del lago.



#### Lago Scuro Parmense

Lat. 44,38194 Lon. 10,04583

Superficie:	1,16 ha
Altitudine:	1527 m s.l.m.
Profondità massima:	9,3 m
Profondità media:	3,8 m
Volume:	44000 m <sup>3</sup>

Fig. 11.1.2. Il Lago Scuro Parmense con parziale scioglimento della copertura ghiacciata (8 giugno 2008). Sullo sfondo la cima del Monte Scala (1718 m s.l.m.).

Il Lago Santo Parmense è il più ampio e profondo lago naturale della Val Parma, nonché di tutto l'Appennino Settentrionale. È di origine tettonico-glaciale e il suo bacino è caratterizzato da una prevalenza di arenaria Macigno. Il lago è una meta turistica molto frequentata ed è stato oggetto, fin dall'inizio del secolo scorso, di massicce immissioni di pesci per la pesca sportiva.

Campagne di campionamento sistematiche furono avviate tra la fine del 1951 e il 1954, con l'obiettivo di descrivere le principali caratteristiche fisiografiche dei bacini, la successione stagionale e la distribuzione spaziale delle comunità zooplanctoniche. Nei sopralluoghi condotti tra il 1971 e il 1975 vennero presi in esame anche lo studio del fitoplancton e del macrozoobenthos e l'analisi dei contenuti stomacali dei pesci. Si procedette inoltre a una definizione dello stato trofico delle acque e a una stima dei flussi energetici tra i primi livelli della rete trofica pelagica. Durante il periodo di acque aperte del 1991 si analizzarono le principali caratteristiche fisico-chimiche delle acque e la successione stagionale e la distribuzione verticale dei popolamenti planctonici. Nel 2000 e 2001 venne descritta la composizione della fauna ittica e furono analizzati i contenuti stomacali delle specie dominanti. Inoltre, nel 2001, 2003 e ancora dal 2007 al 2010, furono raccolti campioni per le analisi idrochimiche e lo studio dello zooplancton (Fig. 11.1.3).

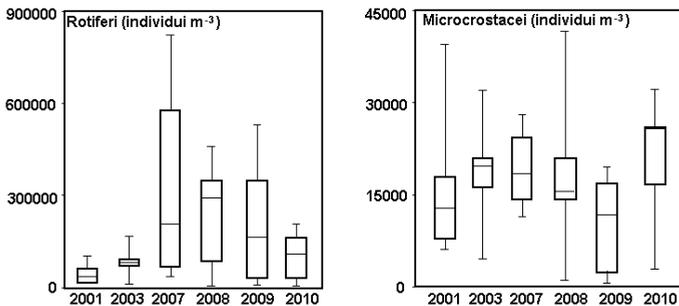


Fig. 11.1.3. Variazione interannuale delle densità di Rotiferi e microcrocistacei (Copepodi e Cladoceri) nel Lago Santo Parmense dal 2001 al 2010.

I dati meteorologici sono misurati in continuo da una stazione situata in prossimità del lago. Sul Lago Santo Parmense è posto il Rifugio Mariotti del CAI (aperto in estate e su richiesta anche in altri pe-

riodi), con possibilità di pernottamento e di alimentare strumenti elettrici.

Anche il Lago Scuro Parmense si trova in Val Parma, sulle pendici del Monte Scala. La sua formazione è attribuibile a fenomeni tettonico-glaciali. Il bacino emerso è caratterizzato da prevalenza di rocce silicee. I primi studi sulla comunità zooplanctonica furono condotti mediante l'analisi di campioni raccolti tra il 1953 e il 1961. Nel 1986 fu intrapreso l'attuale ciclo di indagini limnologiche mirato alla costituzione di serie di dati ecologici di lungo termine. Questo piccolo lago, tendenzialmente oligotrofo e con bassi valori di alcalinità e conducibilità delle acque, venne scelto per le sue caratteristiche spiccatamente naturali, una condizione idonea per la valutazione della variabilità di base dei principali parametri idrochimici e dei fattori che condizionano la successione stagionale del plancton.

Il lago è raggiungibile in circa 30 minuti di cammino dal Rifugio Lagoni (1340 m s.l.m.), dotato di strutture recettive. Esiste un bivacco (senza elettricità) a 5 minuti di cammino dal Lago Scuro Parmense, a quota 1540 m s.l.m.

## 11.2. Lago Paione Inferiore e Lago Paione Superiore

*Sigla:* IT09-003-A e IT09-004-A

*Persona di riferimento:* M. Rogora, CNR ISE, Verbania Pallanza

*Enti coinvolti:* CNR ISE, Verbania Pallanza



### Lago Paione Inferiore

Lat. 46,16917 Lon. 8.18944

Superficie:	0,86 ha
Altitudine:	2002 m s.l.m.
Profondità massima:	13,5 m
Profondità media:	7,4 m
Volume:	50000 m <sup>3</sup>

Fig. 11.2.1. Il Lago Paione Inferiore.



### Lago Paione Superiore

Lat. 46,17583 Lon. 8,19111

Superficie:	0,68 ha
Altitudine:	2269 m s.l.m.
Profondità massima:	11,5 m
Profondità media:	5,1 m
Volume:	40000 m <sup>3</sup>

Fig. 11.2.2. Il Lago Paione Superiore, con la stazione meteorologica automatica

I Laghi Paione sono laghi di circo situati in Val Bognanco, valle tributaria della Val d'Ossola, nelle Alpi Centrali, in un'area che non presenta alcuna forma di antropizzazione o di sfruttamento del territorio. La litologia dominante è rappresentata dagli ortogneiss, ma si trovano anche piccole quantità di marmi, scisti calcarei e paragneiss, in particolare nel bacino imbrifero del Lago Inferiore. La copertura vegetale è costituita principalmente da prateria alpina ed è limitata a piccole aree; rocce nude e detriti caratterizzano la maggior parte del bacino.

I laghi Paione sono stati studiati per la prima volta negli anni '40 del secolo scorso da Vittorio Tonolli che ha raccolto informazioni sulla morfometria e meteorologia dei laghi; sono stati inoltre eseguite le prime analisi chimiche delle acque per interpretarne le caratteristiche biologiche. Dall'inizio degli anni '80 sono stati oggetto di ricerca quali indicatori di variazioni nella deposizione di inquinanti dall'atmosfera o del clima nel contesto di numerosi progetti internazionali. Ad esempio, esiste una serie trentennale di dati di idrochimica che mostra l'acidificazione e successiva ripresa a seguito della riduzione degli apporti acidi dall'atmosfera. A causa della composizione litologica del bacino, a base di rocce acide e poco solubili, questi laghi si caratterizzano infatti per un basso potere tampone delle acque. Sono stati quindi tra i laghi alpini d'alta quota maggiormente interessati dal fenomeno dell'acidificazione negli anni '70 ed '80. A partire dagli anni '90, grazie soprattutto alla riduzione del contenuto di acidità e solfati nelle deposizioni, i laghi hanno visto un aumento di pH e alcalinità (Fig. 11.2.3) ed una riduzione delle concentrazioni di alluminio,

particolarmente evidente nel Lago Paione Superiore. Si sono osservati anche i segni di una ripresa dal punto di vista biologico, con la ricomparsa di alcune specie bentoniche sensibili all'acidità.

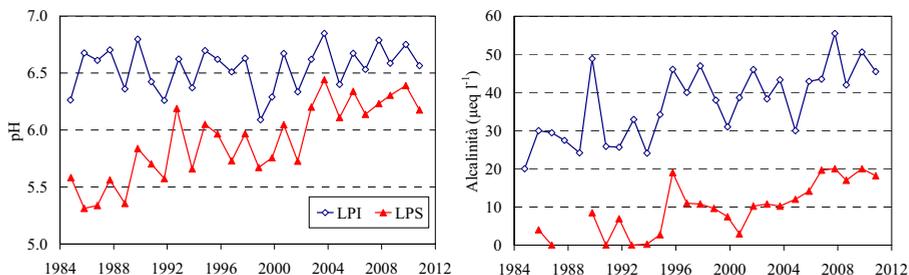


Fig. 11.2.3. Trend a lungo termine dei valori di pH e alcalinità nei laghi Paione Inferiore (LPI) e Superiore (LPS) dal 1984 ad oggi.

Sui Laghi Paione sono inoltre disponibili dati biologici pregressi (fitoplancton, zooplancton, benthos, batteri) e dati paleolimnologici. In prossimità del Lago Paione Superiore esiste una stazione meteorologica automatica della Regione Piemonte che rende disponibili dati meteorologici e di variazione del livello idrometrico in continuo. I laghi sono raggiungibili a piedi in circa 1.5/2 ore di cammino. L'attrezzatura per campionamento e misure sul campo è disponibile presso il CNR ISE, dove si trovano anche i laboratori per le analisi biologiche e chimiche.

### 11.3. Lago di Tovel

*Sigla:* IT09-005-A

*Status di protezione:* incluso nel Parco Naturale Adamello Brenta; è un sito UNESCO – Dolomiti del Brenta, un sito SIC (SIC - IT3120063) ed è protetto dalla convenzione Ramsar.

*Persona di riferimento:* G. Flaim, Fondazione E. Mach (FEM), S. Michele all'Adige, Trento

*Enti coinvolti:* Fondazione E. Mach, S. Michele all'Adige, Trento

Il lago di Tovel è stato oggetto di ricerca naturalistica già da fine '800 da parte di naturalisti italiani e stranieri. Il grande interesse per

questo piccolo lago, documentato da più di 300 pubblicazioni divulgative e scientifiche, derivava principalmente da una vistosa fioritura algale localizzata in un'insenatura, la Baia Rossa. Negli anni 1937-1939 il lago fu studiato dal limnologo Edgardo Baldi dell'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza.



#### Lago di Tovel

Lat. 46,2611 Lon. 10,9500

Superficie:	38 ha
Altitudine:	1178 m s.l.m.
Profondità massima:	39 m
Volume:	$7,37 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Figura 11.3.1. Il Lago di Tovel visto dal sentiero che conduce alla Malga Flavona (1860 m s.l.m.). La freccia indica la Baia Rossa. (Foto D. Tait).

Baldi focalizzò il suo interesse sul fenomeno dell'arrossamento delle acque, contribuendo comunque anche a una più approfondita conoscenza della comunità zooplanctonica. Qualche sporadica ricerca caratterizzò il periodo post-bellico. Con la scomparsa dell'arrossamento nel 1964, iniziò nei primi anni '70 un approccio più globale, con l'installazione di una stazione meteorologica e uno studio limnologico dettagliato condotto tra il 1973 e il 1979 da Attilio Arrighetti e Maurizio Siligardi. Il periodo 1980-1994 fu caratterizzato da una scarsa attività di ricerca, mentre dal 1995 la FEM conduce indagini limnologiche di base con profili mensili delle più importanti variabili fisiche, chimiche e biologiche (Fig. 11.3.2).

Le attività di ricerca si sono notevolmente intensificate nell'ambito di diversi progetti. Il più importante è stato quello relativo allo studio del mancato arrossamento del Lago di Tovel (SALTO), svolto nel periodo 2002-2005. La conclusione più rilevante del progetto è che il diminuito apporto di nutrienti verso la Baia Rossa, dovuto a cambiamenti nella gestione del pascolo sovrastante il lago, non è in grado di sostenere la formazione della fioritura algale che causava l'arrossamento fino alla metà degli anni '60.

Attualmente, la ricerca LTER a Tovel prevede anche studi specifici di genetica dei rotiferi, profili isotopici ed ecofisiologia di organismi chiave del comparto planctonico. Nelle vicinanze del lago ci sono due piccoli alberghi aperti durante la stagione estiva. Il Parco Adamello Brenta gestisce un centro visitatori, il Museo Trentino di Scienze Naturali un centro di divulgazione didattica.

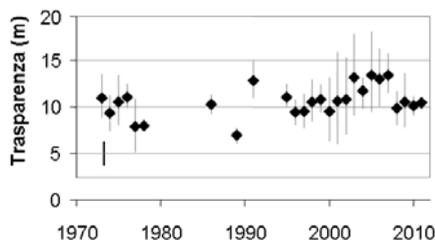


Figura 11.3.2. Variazioni osservate nel Lago di Tovel nella media annuale dal 1973 al 2011 della trasparenza (m) al disco Secchi a centro lago.

La FEM gestisce la stazione meteorologica in riva al lago e dispone di attrezzature per campionamenti limnologici e misurazioni sul campo (tra cui una sonda multiparametrica), ed anche di laboratori per analisi biologiche, idrochimiche e isotopiche.

#### 11.4. Lago di Anterselva, Lago di Braies e Lago Piccolo di Monticolo

*Sigla:* IT09-006-A, IT09-007-A, IT09-008-A

*Status di protezione:* il Lago di Anterselva è incluso nel Parco naturale Vedrette di Ries-Aurina, è un Sito Natura 2000 ed è tra i laghi protetti da legge provinciale (L.P. 11 giugno 1975, n. 29). Il Lago di Braies è incluso nel Sito UNESCO-Dolomiti Setentrionali e nel Parco naturale Fanes-Senes-Braies; è inoltre Sito Natura 2000, Monumento naturale e lago protetto da leggi provinciali. Il Lago Piccolo di Monticolo è dichiarato Biotopo (L.P. 12 maggio 2010, n. 6: tutela della natura) e lago protetto (L.P. 11 giugno 1975, n. 29: norme per la tutela dei bacini d'acqua).

*Persona di riferimento:* B. Thaler, Lab. Biologico dell'Agenzia Ambiente della Provincia di Bolzano

*Enti coinvolti:* Lab. Biologico dell'Agenzia Ambiente della Prov. di Bolzano



**Lago di Anterselva**

Lat. 46,88583 Lon. 12,16389

Superficie: 42,44 ha  
Altitudine: 1640 m s.l.m.  
Profondità massima: 38 m  
Profondità media: 25,5 m  
Volume: 11040000 m<sup>3</sup>

---

Fig. 11.4.1. Il Lago di Anterselva (Antholzer See) verso nordovest.



**Lago di Braies**

Lat. 46,69389 Lon. 12,0850

Superficie: 33,46 ha  
Altitudine: 1489 m s.l.m.  
Profondità massima: 36 m  
Profondità media: 17,1 m  
Volume: 5300000 m<sup>3</sup>

---

Fig. 11.4.2. Il Lago di Braies (Pragser Wildsee).



**Lago Piccolo di Monticolo**

Lat. 46,42972 Lon. 11,29611

Superficie: 5,21 ha  
Altitudine: 519 m s.l.m.  
Profondità massima: 14,8 m  
Profondità media: 9,9 m  
Volume: 517750 m<sup>3</sup>

---

Fig. 11.4.3. Il Lago Piccolo di Monticolo (Kleiner Montiggler See).

Il Lago di Anterselva è il terzo lago per superficie tra i laghi naturali della provincia di Bolzano. È interamente circondato da bosco di conifere. Si è formato per sbarramento e mostra condizioni di oligo-

trofia. Il bacino imbrifero è costituito da rocce acide (75%) e morene (23%), con prevalente copertura di arbusti (41%) e rocce con vegetazione pioniera (42%), mentre i pascoli rappresentano il 7% della sua superficie. Fino ad anni relativamente recenti sono scarse le informazioni di tipo fisico, chimico e biologico sul lago. La sola ricerca sufficientemente approfondita è stata condotta verso la fine dell'800 da Damian che pubblicò una carta batimetria e cenni su geologia e idrografia. Dal 1979 il lago è oggetto di campagne annuali di rilevamento, condotte ad intervalli irregolari, per monitorare le principali variabili di interesse limnologico e i loro trend temporali (Fig. 11.4.4).

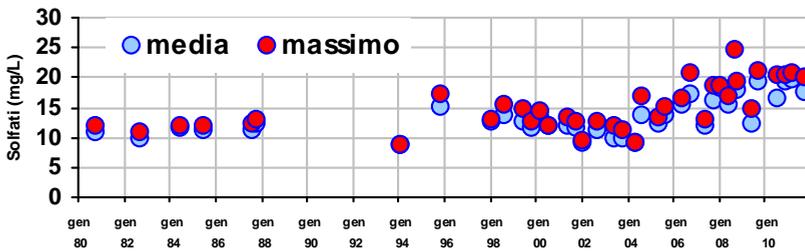


Fig. 11.4.4. Variazioni osservate dal 1980 al 2010 nelle concentrazioni di solfati (valori massimo e medio) nel Lago di Anterselva. L'aumento di solfati è da attribuire allo scioglimento di permafrost nel bacino imbrifero.

Per il suo alto valore naturalistico il lago dal 2008 fa parte della rete europea di monitoraggio ed è sottoposto al rilevamento dei diversi elementi biologici previsto dalla Direttiva europea sulle acque: oltre al fitoplancton sono analizzati e valutati ad intervalli regolari anche le macrofite, la fauna bentonica e i pesci. I dati meteorologici sono rilevati in continuo da stazione che dista circa 10 km dal lago.

Il Lago di Braies è il quarto lago per superficie tra i laghi naturali della provincia di Bolzano e per il suo fascino paesaggistico nel periodo estivo attira molti visitatori. Il lago è oligotrofico e si è formato per sbarramento. Il bacino imbrifero è costituito quasi esclusivamente da rocce calcaree; la sua copertura presenta rocce nude (32%), pascolo (25%), bosco (16%), arbusti (14%) e vegetazione pioniera (12%). Il lago è alimentato soprattutto da acque di scioglimento nivale che arrivano al lago principalmente attraverso sorgenti sotterranee. Anche gli emissari sono prevalentemente sotterranei. Le fluttuazioni annuali di

livello idrometrico sono di 3-4 m. I primi studi risalgono alla fine dell'800, quando Damian pubblicò una carta batimetrica e cenni su geologia e idrografia. Nella prima metà del 1900 diversi autori hanno condotto studi sul plancton del lago. Nel 1967 uno studio approfondito sulle caratteristiche limnologiche del lago è stato effettuato da Engelen. Dal 1979 il lago è oggetto di ricerche limnologiche per la valutazione dell'evoluzione temporale delle principali variabili fisico-chimiche e biologiche, sebbene con campionamenti condotti ad intervalli irregolari durante l'anno (Fig. 11.4.5).

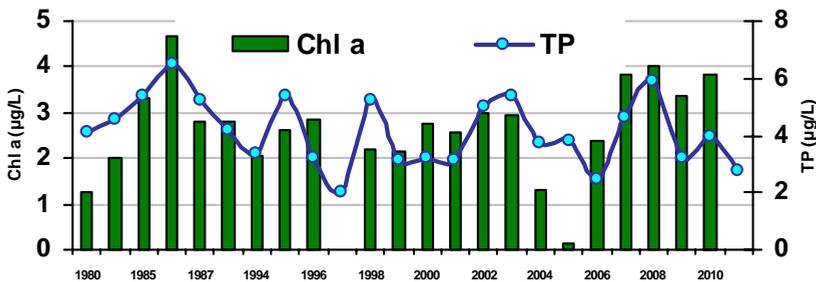


Fig. 11.4.5. Andamento dei valori annuali medi di fosforo totale (TP) e di clorofilla a (Chl a) nel Lago di Braies dal 1980 al 2011.

Come nel già citato Lago di Anterselva, anche il Lago di Braies dal 2008 fa parte della rete europea di monitoraggio ed è sottoposto al rilevamento dei diversi elementi biologici previsti dalla Direttiva europea sulle acque. I dati meteorologici sono rilevati in continuo da una stazione distante circa 10 km dal lago.

Il Lago Piccolo di Monticolo è situato su rocce porfiriche e trae origine da escavazione glaciale. Il lago è privo di affluenti superficiali ed è alimentato esclusivamente dalle precipitazioni e da acque di falda. L'emissario è attivo solo nelle rare occasioni in cui viene raggiunto il livello di massimo invaso. Il lago, interamente circondato da bosco misto che scende fino alle rive, è soggetto a fenomeni di eutrofizzazione favoriti da condizioni naturali quali ridotto ricambio idrico e caratteristiche morfologiche della cuvetta lacustre, ma anche dall'intenso sfruttamento antropico. Da più di 30 anni viene sottoposto a diversi interventi di recupero (apporto di acqua povera di nutrienti e prelievo selettivo delle acque di fondo, ossigenazione artificiale, bio-

manipolazione attraverso la regolamentazione della pesca).

Le prime ricerche sul lago furono condotte all'inizio del ventesimo secolo da Huber che pubblicò una carta batimetrica e cenni sulle caratteristiche fisiche e biologiche. Pesta negli anni '20 incluse il lago tra i siti considerati nei suoi studi idrobiologici sui laghi delle Alpi Orientali; nel 1930 Merciai pubblicò dati su termica, trasparenza e colore delle acque. I primi profili di ossigeno furono misurati da Schenk nel 1973. Dal 1975 il lago viene monitorato di continuo, soprattutto per valutare gli effetti degli interventi di recupero. Fino al 1979 furono eseguite solo analisi fisiche e chimiche di base, mentre dal 1979 lo studio del lago comprende anche l'analisi dei nutrienti e delle comunità planctoniche. Negli anni '80 e '90 sono stati condotti anche studi sui pesci e sul loro impatto su zooplancton e zoobenthos ed indagini sui sedimenti e sulla vegetazione macrofita. I dati meteorologici sono misurati in continuo da una stazione situata in prossimità del lago, a cura dell'Ufficio idrografico provinciale.

#### Riferimenti web:

[www.parcoappennino.it/](http://www.parcoappennino.it/); [ww.rifugiomariotti.it/](http://ww.rifugiomariotti.it/); [www.rifugiolagone.it/](http://www.rifugiolagone.it/);  
[www.ise.cnr.it/verbania](http://www.ise.cnr.it/verbania); [www.idrolab.ise.cnr.it/](http://www.idrolab.ise.cnr.it/); [cri.fmach.eu/](http://cri.fmach.eu/); [www.pnab.it/](http://www.pnab.it/);  
[www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/acqua/laghi.asp](http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/acqua/laghi.asp)

#### Riferimenti bibliografici:

- Arrighetti A. & M. Siligardi. 1979. Analisi idrobiologiche al lago di Tovel (TN). *Quad. Esp. Ric.* 5: 1-69.
- Baldi E. 1941. Ricerche idrobiologiche sul lago di Tovel. *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.* 6: 1-297.
- Bondavalli C., A. Bodini, G. Rossetti & S. Allesina. 2006. Detecting stress at the whole ecosystem level. The case of a mountain lake: Lake Santo (Italy). *Ecosystems* 9: 768-787.
- Borghi B., A. Borsato, M. Cantonati, F. Corradini & G. Flaim (a cura di). 2006. Studio sul mancato arrossamento del Lago di Tovel. *St. Trent. Sci. Nat., Acta Biol.* 81: 1-472.
- Corradini F., G. Flaim & V. Pinamonti. 2001. Five years of limnological observations on lake Tovel (1995-1999): some considerations and comparisons with past data. *Atti A.I.O.L.* 14: 209-218.
- Ferrari I., A. Ascolini & C. Bellavere. 1977. Considerazioni conclusive sui risultati di ricerche pluriennali al Lago Santo Parmense. *Ateneo Parm., Acta Nat.* 13: 433-444.

- Flaim G., E. Rott, F. Corradini, G. Toller & B. Borghi. 2003. Long-term trends in species composition and diurnal migration of Dinoflagellates in Lake Tovel (Trentino, Italy). *Hydrobiologia* 502: 357-366.
- Flaim G., G. Hansen, Ø. Moestrup, F. Corradini & B. Borghi. 2004. Re-interpretation of the dinoflagellate *Glenodinium sanguineum* in the reddening of Lake Tovel, Italian Alps. *Phycologia* 43: 737-743
- Guilizzoni P., A. Marchetto, A. Lami, N.G. Cameron, P.G. Appleby, N.L. Rose, Ø.A. Schnell, C.A. Belis, A. Giorgis & L. Guzzi. 1996. The environmental history of a mountain lake (Lago Paione Superiore, Central Alps, Italy) for the last c. 100 years: a multidisciplinary, paleolimnological study. *J. Paleolimnol.* 15: 245-264.
- Marchetto A., R. Mosello, M. Rogora, M. Manca, A. Boggero, G. Morabito, S. Musazzi, G.A. Tartari, A.M. Nocentini, A. Pugnetti, R. Bettinetti, P. Panzani, M. Armiraglio, P. Cammarano & A. Lami. 2004. The chemical and biological response of two remote mountain lakes in the Southern Central Alps (Italy) to twenty years of changing physical and chemical climate. *J. Limnol.* 63: 77-89.
- Menara H. & J. Rampold. 1956. Südtiroler Bergseen. Verlagsanstalt Athesia, Bozen: 161 pp.
- Merciai G. 1936. Note di limnologia trentina e di Alto Adige. I laghi di Tovel, Valdurna e Anterselva. *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.* 3: 287-318.
- Moroni A. 1962. I laghi della Val Parma. Edizioni de "L'Ateneo Parmense", Parma: 132 pp.
- Mosello R., A. Marchetto, M.C. Brizzio, G.A. Tartari & M. Rogora. 1999. Pluriannual evolution of the hydrochemistry of two alpine lakes (Lake Paione Inferiore and Lake Paione Superiore, Ossola Valley) in relation to atmospheric loads. *J. Limnol.* 58: 43-49.
- Obertegger U., A. Borsato & G. Flaim. 2010. Rotifer–crustacean interactions in a pseudokarstic lake: influence of hydrology. *Aquatic Ecol.* 44: 121-130.
- Obertegger U., B. Thaler & G. Flaim. 2007. Vorkommen der Gattung *Synchaeta* Ehrenberg, 1832 (Rotifera: Monogononta: Synchaetidae) in den Seen Südtirols. *Gredleriana* 7: 141-154.
- Schenk I. 1979. Opere di bonifica al Lago di Monticolo Piccolo. *Acqua & Aria* 10: 835-846.
- Obertegger U., G. Flaim, M.G. Braioni, R. Sommaruga, F. Corradini & A. Borsato. 2007. Hydrology as a driving force of zooplankton structure and succession. *Aquatic Sci.* 69: 575-583.
- Paganelli A. 1992. Lake Tovel (Trentino): limnological and hydrobiological aspects. *Mem. Ist. it. Idrobiol.* 50: 225-257.
- Rogora M. 2004. Acidification and recovery at mountain lakes in Central Alps assessed by the MAGIC model. *J. Limnol.* 63: 133-142.
- Rogora M., A. Marchetto & R. Mosello. 2001. Trends in the chemistry of atmospheric deposition and surface waters in the Lago Maggiore watershed. *Hydrol. Earth System Sci.* 5: 379-390.
- Rossetti G. & S. Viglioli. 2001. Contributo allo studio di lungo termine del Lago Scuro Parmense (Appennino settentrionale): risultati della campagna limnologica

- condotta nel 1998. Atti A.I.O.L. 14: 331-342.
- Rossetti G., A. Bartoli, S. Landi & I. Ferrari. 2006. Evolution of the zooplankton community in a mountain lake in the last fifty years. Verh. Internat. Verein. Limnol. 29: 2209-2216.
- Stella E. 1931. Intorno ad alcuni laghi alpini del Trentino, dell'Ampezzano e dell'Alto Adige. Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid. 1: 45-66.
- Thaler B. & D. Tait. 1981. Lago di Anterselva: geologia, idrografia e morfologia. Ann. Lab. Biol. Prov. Aut. Bolzano 2: 122-131.
- Thaler B. & D. Tait. 1995. Restoration of a small meromictic lake: effects on water chemistry and stratification. Limnologica 25: 193-210.
- Tonolli V. 1949. Gli alti laghi della Val Bognanco. Parte II. Mem. Ist. it. Idrobiol. 5: 39-93.

## 12. Ecosistemi Lacustri della Sardegna

*B.M. Padedda, A. Lugliè, S. Pulina, M.A. Mariani, P. Buscarinu, T. Viridis, N. Sechi*

*Sigla:* IT10-000-A

*Persona di contatto:* B. M. Padedda, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari, [bmpadedda@uniss.it](mailto:bmpadedda@uniss.it)

Il sito, incluso nella rete LTER-Italia dalla sua costituzione, è composto da sei laghi artificiali (Bidighinzu, Cuga, Monte Lerno-Pattada, Temo, Sos Canales, Fig. 12.1) localizzati nella parte centro-settentrionale dell'isola e oggetto di studio da oltre trent'anni. È attualmente gestito in collaborazione con l'Ente Acque della Sardegna (En.A.S.). Per i laghi Cedrino, Cuga e Monte Lerno, la raccolta dei dati è iniziata pochi anni dopo il loro primo invaso, permettendo di seguirne l'evoluzione. Le attività di ricerca sono orientate principalmente allo studio dello stato trofico e dell'ecologia del fitoplancton in relazione alle attività antropiche nei bacini imbriferi, ai diversi approcci gestionali, ai possibili disturbi su scala locale e globale. Sin dal 2006, in tutti e sei i laghi, è presente un Sistema Remoto di Monitoraggio in Tempo Reale, gestito dall'En.A.S., che consente di ottenere dati lungo il profilo verticale per diverse variabili di base (temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto e clorofilla *a*).

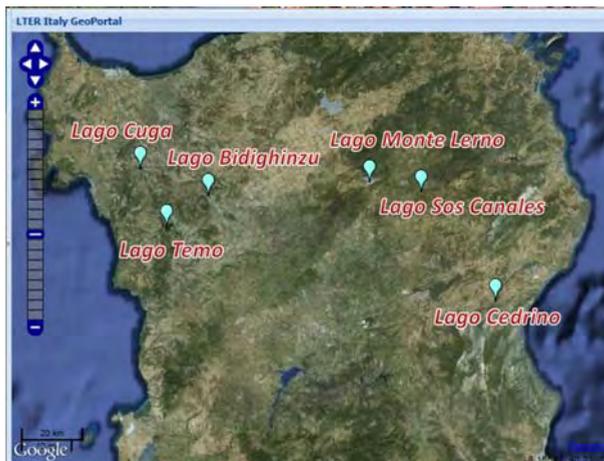


Fig. 12.1. I laghi del sito LTER Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

## 12.1. Lago Bidighinzu

Sigla: IT10-001-A

Status di protezione: nessuno

Persona di riferimento: B. M. Padedda, Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

Enti coinvolti: En.A.S. - Ente Acque della Sardegna



### Lago Bidighinzu

Lat. 40,5561 Lon. 8,6612

Area bacino imbrifero 52 km<sup>2</sup>

Area lago 1,5 km<sup>2</sup>

Volume lago 11 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Livello medio 318 m s.l.m.

Profondità media 7,3 m

Perimetro 10,8 km

Altezza diga 40,2 m

Fig. 12.1.1. Lago Bidighinzu.

Il Lago Bidighinzu (Fig. 12.1.1) si trova nella Sardegna nord-occidentale, nel territorio dei comuni di Thiesi e Bessude (Sassari), ed è stato invasato nel 1958. Le sue acque sono destinate esclusivamente all'uso potabile. L'acqua di afflusso dal bacino imbrifero non è sufficiente a coprire i fabbisogni cui il lago è destinato, per cui vengono addotti volumi variabili dal contiguo bacino del Coghinas e dal Lago Temo. La raccolta dei dati è iniziata nel 1978, è tuttora in corso, e riguarda principalmente le variabili limnologiche di base e quelle relative allo studio dello stato trofico, dell'ecologia del fitoplancton e dello sviluppo di specie tossiche di Cyanophyceae.

Il L. Bidighinzu sin dalle sue origini ha evidenziato gravi problematiche di tipo ecologico, legate all'elevato stato trofico. Per ovviare a ciò e poter disporre di una risorsa utilizzabile per la potabilizzazione, nel tempo sono stati realizzati diversi interventi, orientati ad arginare gli effetti e non a risolvere le cause del problema. Tra questi si ricorda l'uso di sostanze algicide (solfato di rame) già nel 1965 che, in realtà, esacerbò il problema, provocando la putrefazione ed il deposito sul fondo del lago del materiale, alterando ulteriormente le caratteristiche organolettiche dell'acqua; l'installazione di un sistema di microfiltri in ingresso all'impianto di potabilizzazione; la realizzazione di un im-

pianto d'insufflazione d'aria, che avrebbe dovuto garantire l'ossigenazione ipolimnica ma che, il più delle volte, interferì con la stratificazione del lago, aumentando il ricircolo dei nutrienti in colonna; la realizzazione nel 1987 di un by-pass che avrebbe dovuto far confluire a valle del lago i reflui ritenuti eutrofizzanti (Lugliè *et al.*, 2001). La causa fondamentale della forte eutrofia del lago è infatti l'apporto di nutrienti dal bacino imbrifero.

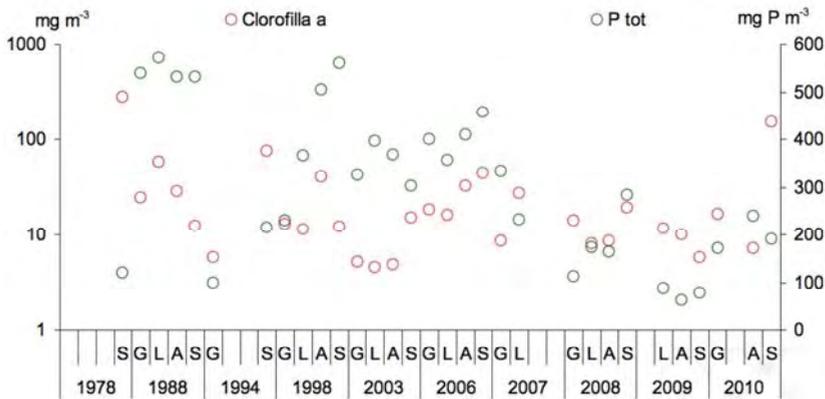


Fig. 12.1.2. Clorofilla *a* e fosforo totale nel Lago Bidighinzu.

Tutte le indagini condotte a partire dal 1978, hanno evidenziato questa condizione, con oscillazioni interannuali abbastanza significative. Le concentrazioni estive di clorofilla *a* e di fosforo totale hanno evidenziato una tendenza alla riduzione nell'ultimo decennio, pur mantenendosi su livelli tipici dell'eutrofia (Fig. 12.1.2).

## 12.2. Lago Cedrino

*Sigla:* IT10-002-A

*Persona di riferimento:* B. M. Padedda, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* En.A.S. - Ente Acque della Sardegna

Il Lago Cedrino (Fig. 12.2.1) è stato ottenuto per sbarramento del Fiume Cedrino con una diga costruita nel 1984. Il lago, situato nella

Sardegna centro orientale, nel comune di Dorgali (Nuoro), presenta una forma dendritica e si estende per circa 8,5 km nel vecchio letto del Fiume Cedrino (principale affluente) e per circa 2,4 km lungo il Fiume Flumineddu. L'uso dell'acqua è multiplo (potabile, irriguo, elettrico e laminazione). La raccolta dei dati è iniziata nel 1994 ed è tuttora in corso.



### Lago Cedrino

Lat. 40,5561 Lon. 8,6612

Area bacino imbrifero 631 km<sup>2</sup>

Area lago 1,1 km<sup>2</sup>

Volume lago 30 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Livello medio 103 m s.l.m.

Profondità media 26,5 m

Perimetro 22,7 km

Altezza diga 73,7 m

Fig. 12.2.1. Lago Cedrino.

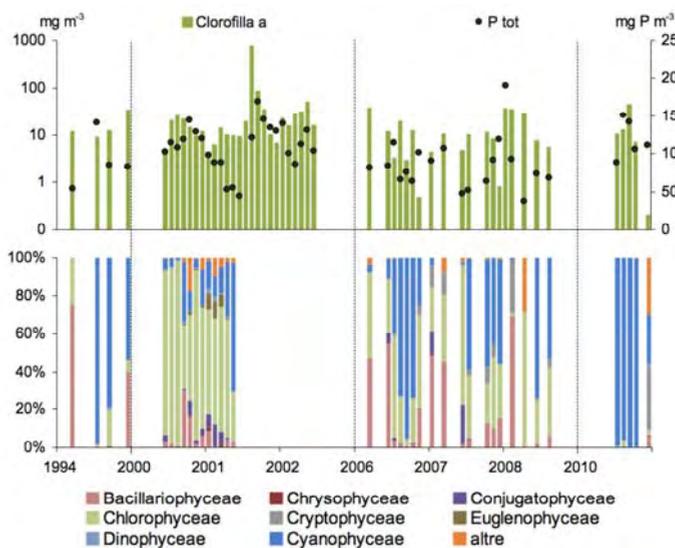


Fig. 12.2.2. Dinamica della clorofilla *a* e del fosforo totale (sopra) e della composizione in classi del fitoplancton (sotto) del Lago Cedrino.

Sin dai primi anni d'invaso, il lago ha mostrato condizioni qualitative ambientali problematiche, per l'eccessiva disponibilità di nutrienti. Tutt'oggi, tale valutazione trova riscontro nell'abbondanza e nella

struttura dei popolamenti fitoplanctonici. Negli anni, il fitoplancton è diventato progressivamente dominato da Cyanophyceae (Fig. 12.2.2), con affermazioni di specie potenzialmente tossiche (Messineo *et al.*, 2009). Nel 2003, accanto alle specie tipiche dei laghi eutrofici, è stata rilevata *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszinska) Seenayya and Subba Raju, una specie tropicale potenzialmente tossica in rapida espansione nelle regioni temperate (Manti *et al.*, 2005).

### 12.3. Lago Cuga

*Sigla:* IT10-003-A

*Persona di riferimento:* B. M. Padedda, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* En.A.S. - Ente Acque della Sardegna



#### Lago Cuga

Lat. 40,5561 Lon. 8,45198

Area bacino imbrifero 58 km<sup>2</sup>

Area lago 3,1 km<sup>2</sup>

Volume lago 35 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Livello medio 114 m s.l.m.

Profondità media 11,3 m

Perimetro 13,2 km

Altezza diga 45,4 m

Fig. 12.3.1. Lago Cuga

Il Lago Cuga, nel comune di Uri (Sassari), è stato ottenuto per sbarramento del rio omonimo ed il primo invaso risale al 1975. Le acque drenate dal bacino imbrifero sono insufficienti per portare al massimo riempimento il lago e per soddisfare le utenze (per lo più agricoltura e potabilizzazione). La maggiore richiesta rispetto al deflusso medio annuo è soddisfatta grazie ai volumi d'acqua che vengono trasferiti dal Lago Temo, attraverso una condotta. La raccolta dei dati è iniziata nel 1978 ed è tuttora in corso. Tra il 1980 ed il 1981 è stata svolta la prima indagine che ha permesso di verificarne l'effettiva eutrofizzazione (Sechi, 1989), peraltro già ipotizzabile (Sechi, 1986) in base al carico critico (1,6 t P a<sup>-1</sup>) ed in ingresso (3,3 t P a<sup>-1</sup>). Coerentemente, il lago ha sempre evidenziato notevoli proliferazioni estive

del fitoplancton (Fig. 12.3.2). Il lago presenta inoltre una stratificazione estiva labile, perché l'azione del vento, data la geomorfologia dell'area e la morfometria lacustre, agisce con incisività, portando ad una precoce circolazione. Negli anni il lago ha mostrato temperature estive in leggero aumento (Fig. 12.3.2).

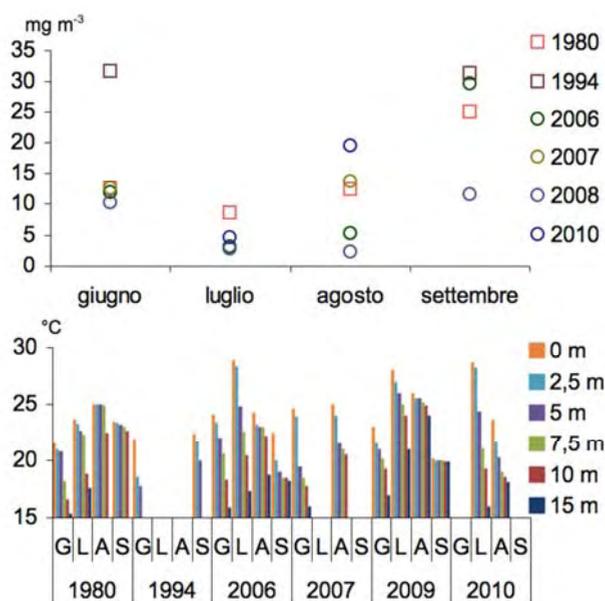


Fig. 12.3.2. Clorofilla *a* (sopra) e temperatura (sotto) nel Lago Cuga in estate.

## 12.4. Lago Monte Lerno

*Sigla:* IT10-004-A

*Persona di riferimento:* B. M. Padedda, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* En.A.S. - Ente Acque della Sardegna

Il Lago Monte Lerno o di Pattada, si trova nella parte centro-settentrionale della Sardegna, nel comune di Pattada (Sassari). È stato ottenuto nel 1984 per sbarramento del Rio Mannu di Pattada e le sue acque sono destinate all'uso potabile ed irriguo. La raccolta dei dati è

iniziata nel 1987, subito dopo il suo primo invaso, ed è tuttora in corso. Sin dalle prime indagini, svolte pochi anni dopo la sua formazione, il L. Monte Lerno è stato classificato come eutrofico (Lugliè *et al.*, 1994; Mameli *et al.*, 2002).



**Lago Monte Lerno**

Lat. 40.589138 Lon. 9.151309

Area bacino imbrifero	160 km <sup>2</sup>
Area lago	4,4 km <sup>2</sup>
Volume lago	65,5 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Livello medio	561 m s.l.m.
Profondità media	14,9 m
Perimetro	18,8 km
Altezza diga	61,5 m

Fig. 12.4.1. Lago Monte Lerno.

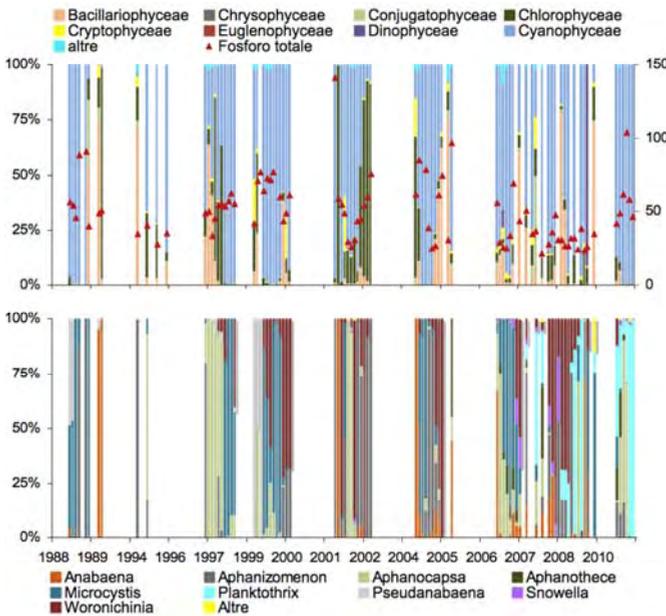


Fig. 12.4.2. Fosforo totale e composizione in classi del fitoplancton (sopra) e della composizione delle Cyanophyceae (sotto) del Lago Monte Lerno.

Questo carattere si è espresso negli anni con una chiara dominanza di Cyanophyceae nel fitoplancton lacustre (Fig. 12.4.2). All'interno delle Cyanophyceae, si sono però verificate importanti variazioni nella

composizione in specie considerando l'intero periodo di osservazione, con l'affermazione, negli anni più recenti, di specie del genere *Planctothrix*, a cui si sono associati aspetti di tossicità non riscontrati in controlli precedenti (Fig. 12.4.2).

## 12.5. Lago Sos Canales

*Sigla:* IT10-005-A

*Status di protezione:* nessuno.

*Persona di riferimento:* B. M. Padedda, Dip. Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* En.A.S. - Ente Acque della Sardegna



### Lago Sos Canales

Lat. 40,55494 Lon. 9,31362

Area bacino imbrifero 16 km<sup>2</sup>

Area lago 0,3 km<sup>2</sup>

Volume lago 4,3 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Livello medio 714 m s.l.m.

Profondità media 13,2 m

Perimetro 3,2 km

Altezza diga 47 m

Fig. 12.5.1. Lago Sos Canales

Il Lago Sos Canales (Fig. 12.5.1) si trova nella parte nord-orientale della Sardegna e ricade nel territorio comunale di Buddusò (Sassari). È stato realizzato nel 1956 con lo sbarramento del primo corso del Fiume Tirso, per scopo potabile. Nel bacino imbrifero, non sono presenti centri abitati ma vi viene esercitata un'attività pastorale estensiva allo stato brado, difficilmente quantificabile, in un contesto densamente forestato. Per questo lago, la raccolta dei dati è iniziata nel 1978 ed è tuttora in corso. Negli ultimi anni, lo studio delle variabili limnologiche di base, degli aspetti trofici e dell'ecologia del fitoplancton, è stato arricchito dall'avvio di indagini sullo zooplankton (Fadda *et al.*, 2011).

Le valutazioni di stato trofico del L. Sos Canales, a differenza delle esperienze maturate su altri laghi artificiali della Sardegna, per i quali i quadri sperimentali ottenuti sono stati coerenti con le valuta-

zioni teoriche derivanti da modelli previsionali (Sechi, 1986, 1989), hanno sempre mostrato una notevolmente incertezza, con una discrepanza tra il quadro delineato dal fosforo totale (mesotrofia) rispetto a quanto invece espresso dal fitoplancton (eutrofia) (Lugliè *et al.*, 1996; Marchetto *et al.*, 2009).

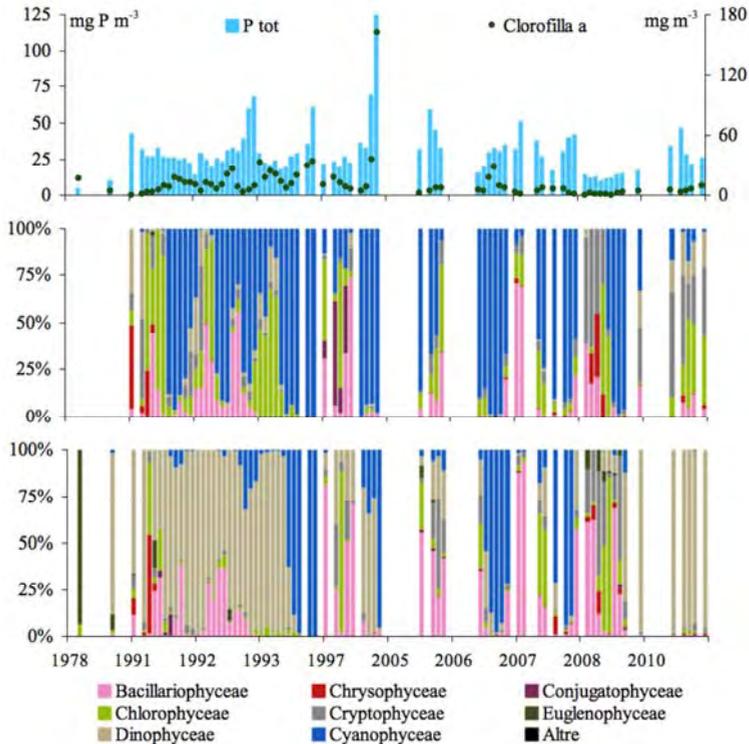


Fig. 12.5.2. Dinamica della clorofilla *a* e del fosforo totale (sopra) e della composizione in classi della densità del fitoplancton (in mezzo) e della biomassa (sotto) del Lago Sos Canales.

La dominanza delle Cyanophyceae, in termini di densità del fitoplancton, anche con specie tipiche dell'eutrofia (per esempio, *Anabaena planctonica* Brunthaler), è stata riscontrata in particolare nei periodi di maggiori concentrazioni di P totale e di clorofilla *a* (Fig. 12.5.2), ed è stata sostituita da quella delle Chlorophyceae, Bacillariophyceae e delle Dinophyceae in diverse annate. In particolare, le Dinophyceae, con *Gymnodinium uberrimum* (G.J. Allman) Kofoid &

Swezy, sono state il gruppo più importante nel determinare la biomassa del fitoplancton in gran parte dei cicli annuali.

## 12.6. Lago Temo

*Sigla:* IT10-006-A

*Status di protezione:* nessuno.

*Persona di riferimento:* B. M. Padedda, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* En.A.S. - Ente Acque della Sardegna

Il Lago Temo (Fig. 12.6.1), situato nella Sardegna nord-occidentale (comuni di Villanova Monte Leone, Ittiri, Monte Leone Roccadoria e Romana), è stato ottenuto nel 1984 per sbarramento del Fiume Temo, per uso irriguo e potabile. Le acque del L. Temo, quando necessario, vengono riversate nei laghi Bidighinzu e Cuga, tramite delle condotte.



### Lago Temo

Lat. 40,47997 Lon. 8,56324

Area bacino imbrifero 142,52 km<sup>2</sup>

Area lago 4,81 km<sup>2</sup>

Volume lago 91 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Livello medio 226 m s.l.m.

Profondità media 15,8 m

Perimetro 27,9 km

Altezza diga 54,1 m

Fig. 12.6.1. Lago Temo

Per questo lago, la raccolta dei dati è iniziata nel 1987, pochi anni dopo la sua formazione, ed è tuttora in corso. Le indagini svolte subito dopo il suo primo invaso (Sechi, 1986; Lugliè, 1994), hanno evidenziato un'elevata eutrofia, come atteso anche dai calcoli teorici dei carichi, con un carico teorico proveniente dal bacino imbrifero pari a 8,9 t P a<sup>-1</sup> contro uno tollerabile di 3,3 t P a<sup>-1</sup> (Sechi, 1986, 1989). Negli anni successivi alcuni descrittori della trofia lacustre hanno indicato un miglioramento (Fig. 12.6.2), pur definendo ancora un quadro eutrofico.

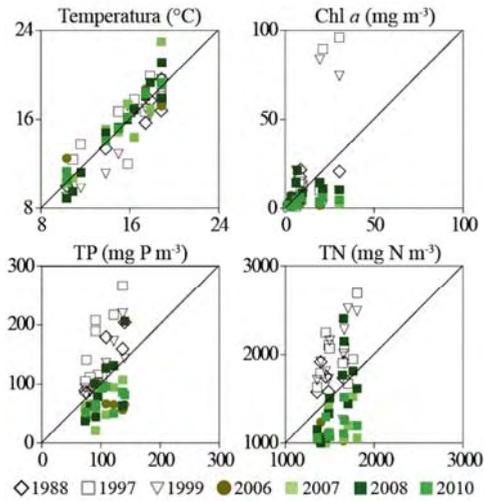


Fig. 12.6.2. Confronto tra i valori medi mensili pluriennali (ascisse) di temperatura, clorofilla *a*, fosforo ed azoto totale rispetto alle medie mensili (ordinate) nei singoli anni d'indagine nel Lago Temo.

Tale variazione potrebbe essere attribuita al passaggio dalla fase di iniziale innalzamento trofico, tipica dei laghi artificiali nei loro primi anni di esistenza, verso una di maturità, con la metabolizzazione da parte dello stesso lago del carico di nutrienti derivante dai substrati sommersi.

#### Riferimenti web:

[www.enveurope.eu](http://www.enveurope.eu);

[www.life-inhabit.it](http://www.life-inhabit.it);

[www.enas.sardegna.it/](http://www.enas.sardegna.it/);

[www.wiser.eu/programme-and-results/lake-assessment/sampling-sites/bidighinzu](http://www.wiser.eu/programme-and-results/lake-assessment/sampling-sites/bidighinzu)

#### Riferimenti bibliografici:

Aktan Y., A. Lugliè & N. Sechi. 2009. Morphological plasticity of dominant species in response to nutrients dynamics in a stratified eutrophic lake. *TrJFAS*, 9 (2): 9: 137-144.

- Fadda A., S. Marková, P. Kotlík, A. Lugliè, B.M. Padedda, P. Buscarinu, N. Sechi & M. Manca. 2011. First record of planktonic crustaceans in Sardinian reservoirs. *Biologia Section Zoology*, 66/5: 856-865.
- Lugliè A., Y. Aktan, P. Casiddu & N. Sechi. 2001. The trophic status of Bidighinzu Reservoir (Sardinia) before and after the diversion of waste waters. *Journal of Limnology*, 60(2): 135-142.
- Lugliè A., G. Mameli & N. Sechi. 1996. Indagine limnologica pluriennale (dal 1991 al 1993) sul lago artificiale di Sos Canales (Sardegna Settentrionale). Atti dell'11° Congresso A.I.O.L. - Sorrento, 26-28 ottobre 1994: 479-489.
- Lugliè A., B. Manca & N. Sechi. 1994. Limnologia degli invasi Pattada e Monteleone (Nord Sardegna). Atti del 10° Congresso A.I.O.L. - Alassio, 4-6 novembre 1992: 287-294.
- Lugliè A. & N. Sechi. 1993. Trophic status and phytoplankton in Lake Bidighinzu. *Giorn. Bot. Ital.*, 127(4): 765-785.
- Mameli R., A.M. Bazzoni, P. Casiddu & N. Sechi. 2002. Evoluzione dello stato trofico del Lago Pattada. Atti 15° Congresso A.I.O.L.: 75-85.
- Manti G., D. Mattei, V. Messineo, S. Melchiorre., S. Bogialli, N. Sechi, P. Casiddu, A. Lugliè, M. Di Brizio & M. Bruno. 2005. First report of *Cylindrospermopsis raciborskii* in Italy. *Harmful Algae News*, 28: 8-9.
- Marchetto A., B.M. Padedda, M.A. Mariani, A. Lugliè & N. Sechi. 2009. A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep Mediterranean reservoirs. *Journal of Limnology*, 68(1): 106-121.
- Messineo V., S. Bogialli, S. Melchiorre, N. Sechi, A. Lugliè A., P. Casiddu, M.A. Mariani, B.M. Padedda, A. Di Corcia, R. Mazza, E. Carloni & M. Bruno. 2009. Cyanotoxins occurrence in Italian freshwaters. *Limnologica*, 39: 95-106.

## 13. Lago Trasimeno

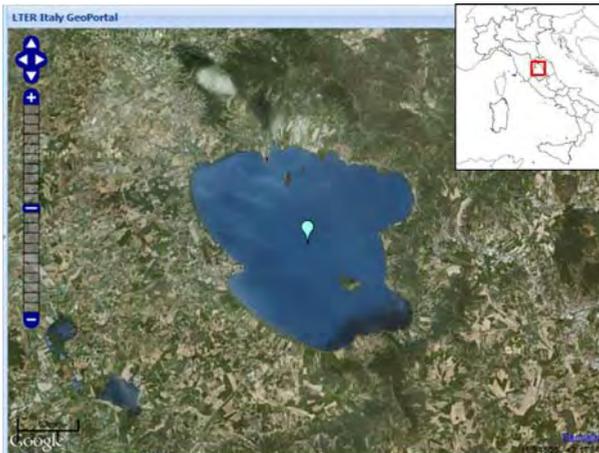
A. Ludovisi

*Sigla:* IT22-001-A

*Status di protezione:* Z.P.S., S.I.C., Parco Regionale e Oasi Legambiente (area sud-orientale), Sito Natura 2000.

*Persona di contatto:* A. Ludovisi, Università degli Studi di Perugia.

*Enti coinvolti:* Dip. di Biologia Cellulare e Ambientale, Univ. degli Studi di Perugia



Lat. 43,133 Lon. 12,100		Livello medio	257 m s.l.m.
Area bacino imbriferò (a)	261,9 km <sup>2</sup>	Profondità max	6 m
Area lago (b)	121,5 km <sup>2</sup>	Profondità media	4 m
Rapporto (a/b)	2,1	Perimetro	53,1 km
Volume lago	0,58 km <sup>3</sup>	Tempo di ricambio	> 20 anni

Fig. 13.1. Caratteristiche morfo-idrologiche del sito LTER Lago Trasimeno

Il Lago Trasimeno (Fig.13.1), il più esteso dell'Italia peninsulare, è un lago meso-eutrofo poco profondo di origine tettonica, ubicato in Umbria, in prossimità del confine toscano. A causa della scarsa estensione del bacino idrografico, il bilancio idrico è strettamente dipendente dall'entità delle precipitazioni. L'attuale fase di bassi livelli idrici impone particolare attenzione nel quadro dei correnti cambiamenti climatici. Il sito è costituito da un singolo sito di ricerca, coincidente con lo specchio d'acqua lacustre. In ambito LTER, viene considerato di massimo rilievo lo studio della evoluzione temporale degli aspetti

meteorologici, idrologici e idrochimici, nonché della composizione delle principali componenti della biocenosi lacustre (fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrati, osteitti, anfibi). La stretta dipendenza del bilancio idrico del lago Trasimeno dalle condizioni meteorologiche ha causato eventi drammatici di piena e di secca nel corso dei secoli, inducendo interventi di regimentazione sin dall'epoca etrusca e romana. La ristrutturazione dell'emissario artificiale di S. Savino, completata alla fine del 19° secolo, ha innescato un progressivo abbassamento dei livelli idrometrici lacustri, cui hanno contribuito successivi abbassamenti della soglia di sfioro, fino alla drammatica crisi degli anni '50. L'ampliamento del bacino effettuato in quegli anni permise un rapido recupero, ma il problema del livello idrico rimane ancora irrisolto, dal momento che gli interventi e le norme restrittive sull'uso della risorsa idrica introdotte risultano inefficaci nella quadro dei cambiamenti climatici in atto.

Il lago è oggetto di ricerche naturalistiche ed ecologiche da circa un secolo. Studi sistematici sono stati condotti soprattutto in seguito alla nascita dell'Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura G.B. Grassi sul promontorio di Monte del Lago, nel 1951. Qui hanno svolto pionieristiche indagini ecologiche ricercatori di fama mondiale, tra i quali il Prof. Giampaolo Moretti, promotore e fondatore dell'Istituto. L'attività di ricerca ecologica sul Lago Trasimeno prosegue tuttora soprattutto ad opera dei ricercatori dell'Università degli Studi di Perugia, che operano in piena collaborazione con gli Enti gestori del comprensorio lacustre.

Numerosi progetti di ricerca di interesse nazionale e regionale sono stati condotti nell'ultimo decennio su tematiche inerenti l'impatto dei cambiamenti climatico-ambientali sull'idrologia e l'idrochimica e sullo stato delle diverse componenti della biocenosi lacustre, con particolare riferimento alle componenti planctoniche, ittiche, macroinvertebrati e anfibi. L'analisi di serie storiche ha permesso di evidenziare che significativi mutamenti sono occorsi nella qualità dell'acqua del lago nell'ultimo cinquantennio (Ludovisi & Gaino 2010). In particolare, si registra il progressivo accumulo di soluti e una significativa diminuzione della trasparenza delle acque (Fig. 13.2), riconducibile all'incremento dei solidi sospesi erosi dal sedimento superficiale. L'analisi dei dati ha evidenziato, inoltre, un significativo aumento

dell'alcalinit , coerente con quanto atteso in seguito alla modificazione del bilancio ionico lacustre.

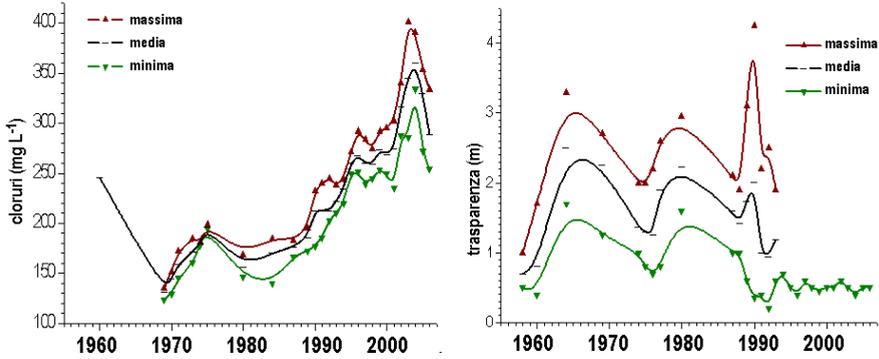


Fig. 13.2. Valori massimi, minimi e medi annuali della concentrazione dei cloruri (sinistra) e della trasparenza dell'acqua (destra) registrati al Lago Trasimeno nel corso dell'ultimo cinquantennio (da Ludovisi & Gaino 2010, modificato).

Per quanto riguarda la componente biologica, l'analisi stratigrafica di carote di sedimento ha permesso di evidenziare un forte declino dei popolamenti spongini, significativamente correlato con la riduzione del livello idrometrico (Gaino et al. 2012).

Le ricerche ecologiche attualmente in atto sul Lago Trasimeno sono inoltre volte alla caratterizzazione genetica delle popolazioni ittiche, alla valutazione di biomarkers di contaminazione ambientale, allo studio dei meccanismi di ricezione/risposta nell'entomofauna e alla valutazione della penetrazione di specie aliene.

L'accesso ai dati   libero per quanto gi  pubblicato, previa citazione della fonte. L'accesso a dati non pubblicati va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati.

Riferimenti web: [www.unipg.it/dipbca/index.html](http://www.unipg.it/dipbca/index.html)

#### Riferimenti bibliografici

Di Rosa I., F. Simoncelli, A. Fagotti & R. Pascolini. 2007. The proximate cause of frog declines? *Nature* 447: E4-E5.

- Elia A.C., A.J.M. Dörr, M.C. Abete & M. Prearo. 2010. Seasonal variability of detoxificant response and heavy metal accumulation in tissues of both sexes in *Tinca tinca* (L.) from Lake Trasimeno. *Rev. Fish. Biol. Fisheries* 20: 425-434.
- Gaino E., F. Scoccia, S. Piersanti, M. Rebora, L.G. Bellucci & A. Ludovisi. 2012. Spicule records of *Ephydatia fluviatilis* as a proxy for hydrological and environmental changes in the shallow Lake Trasimeno (Umbria, Italy). *Hydrobiologia* 679: 139-153.
- Goretti E., A. Coletti, A. Di Veroli, A.M. Di Giulio & E. Gaino. 2011. Artificial light device for attracting pestiferous chironomids (Diptera): A case study at Lake Trasimeno (Central Italy). *Ital. J. Zool.* 78: 336-342.
- Lorenzoni M., L. Ghetti, G. Pedicillo & A. Carosi. 2010. Analysis of the biological features of the goldfish *Carassius auratus auratus* (Linnaeus, 1758) in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) with a view to drawing up plans for population control. *Folia Zool.* 58: 56-70.
- Lucentini L., A. Palomba, L. Gigliarelli, G. Sgaravizzi, H. Lancioni, L. Lanfaloni, M. Natali & F. Panara. 2009. Temporal changes and effective population size of an Italian isolated and supportive-breeding managed northern pike (*Esox lucius*) population. *Fish. Res.* 96: 139-147.
- Ludovisi A. & E. Gaino. 2010. Meteorological and water quality changes in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) during the last fifty years. *J. Limnol.* 69: 174-188.

## 14. Laghi Himalaiani

A. Lami

*Sigla:* IT11-001-A

*Status di protezione:* il sito è nel parco naturale del Sagarmatha, Nepal

*Persona di contatto:* A. Lami, CNR ISE, Verbania.

*Enti coinvolti:* CNR ISE, Verbania, CNR IRSA, Brugherio, CNR ISAC Bologna, Comitato Ev-K2-CNR.

Il parco nazionale di Sagarmatha si trova in Nepal. Istituito nel 1976 e dal 1979 inserito tra i patrimoni dell'umanità dal'UNESCO, racchiude un'area di 1148 km<sup>2</sup> e spazia in altitudine dai 2845 metri di Jorsalle agli 8850 della cima dell'Everest. All'interno del Sagarmatha National Park, in collaborazione con il Comitato Ev-K2-CNR, l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (CNR-ISE) e l'Istituto di Ricerca Sulle Acque (CNR-IRSA) a partire dal 1989 hanno avviato una serie di studi limnologici sui corpi lacustri situati a quote superiori a 4300 m. In quest'area son stati individuati, attraverso l'analisi delle immagini da satellite, diversi corpi idrici molti dei quali sono stati successivamente visitati e campionati per una valutazione delle loro caratteristiche chimiche e biologiche (Lami e Giussani 1998)

Queste ricerche, svolte nell'ambito del Progetto Ev-K2-CNR e in collaborazione tra Il CNR-ISE, e il CNR-IRSA, hanno permesso di condurre indagini limnologiche con particolare riguardo al campo dell'idrochimica, della biologia e dello studio dei sedimenti. In quest'area infatti le informazioni limnologiche sui laghi erano praticamente assenti, se si escludono i lavori pionieristici di Löffler (1969).

Nei due decenni di indagini limnologiche condotte nel SNP, un importante sforzo è stato posto per integrare le ricerche con altre discipline (climatologia, idromorfologia, glaciologia, ecc.) e sono stati individuati i due laghi situati nei pressi del Laboratorio-Osservatorio "Piramide" come siti di riferimento in cui svolgere un attività di osservazione a lungo termine (Fig. 14.1). La possibilità di ripetere le analisi chimiche e biologiche sulle acque di alcuni laghi per diversi anni successivi (una serie temporale che già copre quasi 20 anni) ha consentito di misurare la variabilità temporale di queste comunità biologiche.



	Unità	Lago Piramide Superiore (LCN 09)	Lago Piramide Inferiore (LCN 10)
Latitudine		27.9650	27.9625
Longitudine		86.8111	86.8156
Quota del lago	m	5213	5067
Altitudine max nel bacino	m	5980	5980
Area del bacino (a)	km <sup>2</sup>	0.795	1.167
Area del lago (b)	m <sup>2</sup>	5.7 10 <sup>3</sup>	16.7 10 <sup>3</sup>
Rapporto (a / b)		140	70
Lunghezza linea di costa	m	292	569
Lunghezza	m	112	246
Larghezza	m	67	91
Profondità massima	m	8.2	14.8

Fig. 14.1. Caratteristiche morfometriche dei laghi Piramide Superiore ed Inferiore e localizzazione del Sito LTER Laghi Himaliani.

Ad esempio, in base alla composizione ionica delle acque dei laghi (Fig. 14.2), si è evidenziata un'evoluzione delle caratteristiche chimiche in relazione ai processi che avvengono nel bacino imbrifero, molto probabilmente più legati ai fenomeni di riduzione dei ghiacci che non all'aumento degli apporti atmosferici conseguenti all'espansione industriale nel continente asiatico (Lami 2010). I valori di inquinanti misurati in questi ambienti sono, infatti, ben inferiori rispetto a quelli riscontrati, ad esempio, sulle Alpi dove l'influenza antropica è più importante. Gli studi condotti sono anche rivolti alla valutazione dell'influenza delle caratteristiche climatiche sulle caratteristiche ter-

niche lacustri. Nei due laghi vicini al Laboratorio Piramide, la stabilità termica verticale e la durata della copertura glaciale vengono misurate in continuo con frequenze biorarie (Fig. 14.3). La comparazione di questi risultati con le stazioni climatiche del Comitato Ev-K2-CNR installate nell'area consentiranno di verificare le modifiche indotte dal cambiamento climatico.

In questi ambienti sono presenti specie endemiche: tra esse, la specie melanica *Daphnia tibetana* (*Daphniopsis tibetana* Sars, 1908), (Löffler 1969). La revisione dei caratteri diagnostici di quest'ultima ha portato ad erigere una nuova specie, *Daphnia himalaya* (Manca et al. 2006). Questo conferma l'importanza degli ambienti studiati dal punto di vista faunistico e come riserva di biodiversità. L'accesso ai dati storici è libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili è possibile previo accordo con il Comitato Ev-K2-CNR.

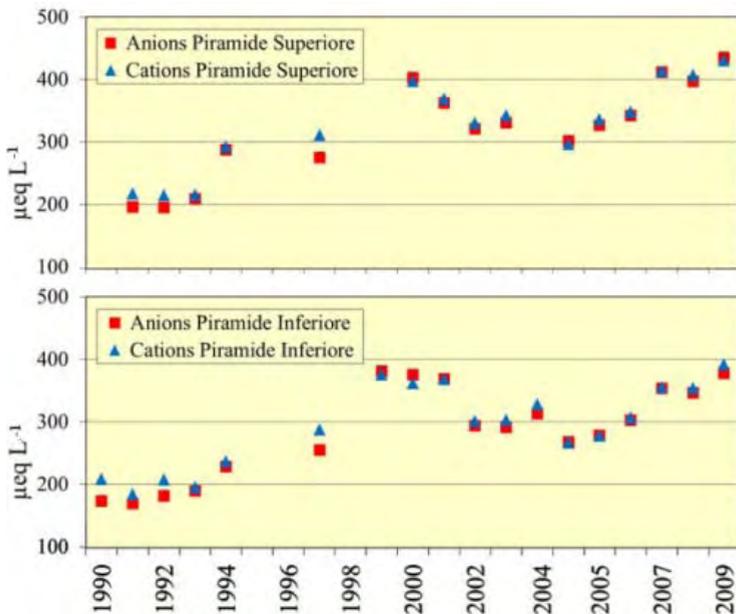


Fig. 14.2. Variazione delle concentrazioni di anioni e cationi nei due laghi presso il Laboratorio Osservatorio Piramide

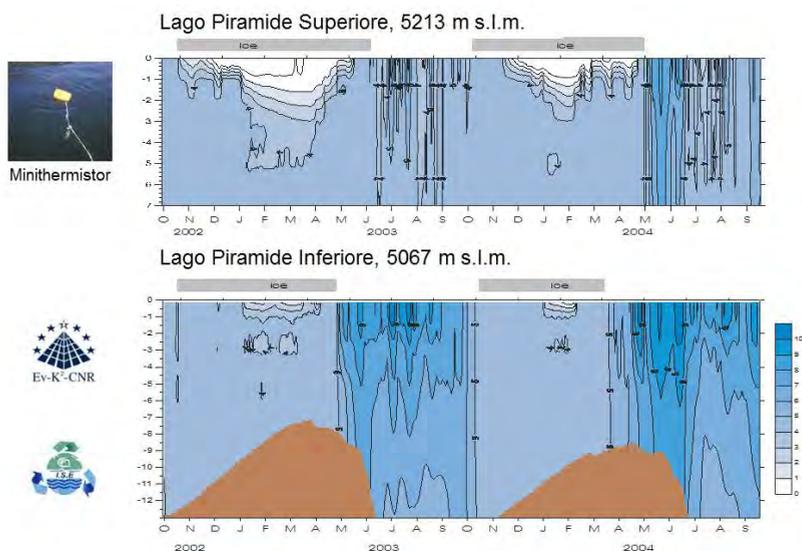


Fig. 14. 3. Laghi Piramide: Dinamica della temperatura nel periodo 2002 – 2004. Sono anche indicati i periodi in cui il lago è coperto da ghiaccio.

#### Riferimenti web:

[www.ise.cnr.it/verbania](http://www.ise.cnr.it/verbania); [www.evk2cnr.org/](http://www.evk2cnr.org/)

#### Riferimenti bibliografici:

- Lami A., & G. Giussani (Eds.). 1998. Limnology of high altitude lakes in the Mt Everest Region (Himalayas, Nepal). *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia* 57: 235pp.
- Lami A., A. Marchetto, S. Musazzi, F. Salerno, G. Tartari, P. Guilizzoni, M. Rogora & G. Tartari. 2010. Chemical and biological response of two small lakes in the Khumbu Valley, Himalayas (Nepal) to short-term variability and climatic change as detected by long-term monitoring and paleolimnological methods. *Hydrobiologia* 648: 189-205
- Löffler H. 1969. High altitude lakes in Mt Everest region. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 17: 373-385
- Manca M., P. Martin, D.C. Peñalva-arana & J.A.H. Benzie. 2006. Re-description of *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) from lakes in the Khumbu Region, Nepalese Himalayas, with the erection of a new species, *Daphnia himalaya*, and a note on an intersex individual. *Journal of Limnology* 65: 132-140.

## 15. Delta del Po

M. Mistri

*Sigla:* IT07-000-M

*Status di protezione:* SIC-ZPS

*Persona di contatto:* M. Mistri, Università di Ferrara, msm@unife.it

Questo sito è costituito da 2 siti di ricerca: la Sacca di Goro e le Valli di Comacchio. La Sacca di Goro è una delle lagune salmastre di maggiori dimensioni dell'Alto Adriatico. Il fondale interno della Sacca è caratterizzato da sedimenti fini (argillosi e limosi), mentre fondali sabbiosi si trovano presso le bocche a mare. Le Valli di Comacchio costituiscono il più vasto complesso di zone umide salmastre dell'Emilia-Romagna. I fondali sono costituiti da argille, limi e materiali bioclastici, raramente da sabbie. Le comunicazioni con il mare avvengono attraverso un sistema di canali.

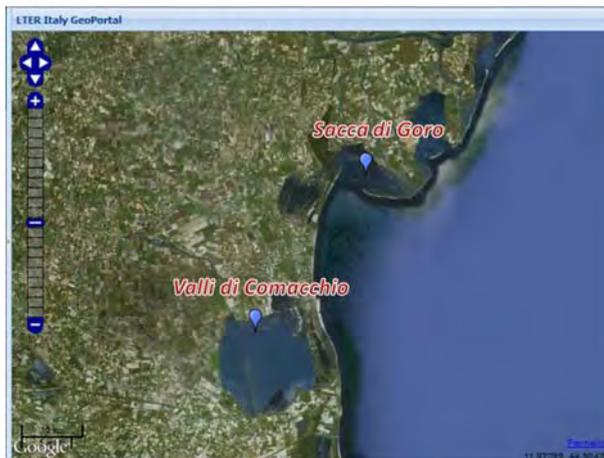


Fig. 15.1. I siti di ricerca del sito LTER Delta del Po.

### 15.1. Sacca di Goro

*Sigla:* IT07-001- M

*Status di protezione:* SIC-ZPS (IT4060005); il Sito è incluso nel Parco Regionale del Delta del Po dell'Emilia Romagna

*Persona di riferimento:* M. Mistri, Univ. di Ferrara, msm@unife.it

*Enti coinvolti:* Univ. di Ferrara, Provincia di Ferrara, ARPA-ER, Parco Delta Po ER, Univ. di Parma.

La Sacca confina a NW con gli argini delle ex valli Goara e Pioppa, e con il Bosco della Mesola, a N con aree bonificate nel '900 (Valle Seganda) e con l'argine del Po di Goro, mentre a S un lungo scanno digitiforme delimita il confine con il mare Adriatico.



#### Sacca di Goro

Lat. 40,81409 Lon. 12,31853

Area	26 km <sup>2</sup>
Livello medio	0 m s.l.m.
Profondità max	4,5 m
Profondità media	1 m
Salinità	20-28 psu
Tempo di residenza	14 giorni

Fig. 15.1.1. Sacca di Goro.

La Sacca riceve acqua salata dal mare e acqua dolce dal Po di Goro, dal Po di Volano, dal Canal Bianco (tramite l'idrovora Romanina) e dall'impianto di sollevamento di Valle Giralda. Gli scanni sabbiosi esterni presentano un'elevata naturalità, mentre le acque aperte sono intensamente utilizzate per la molluschicoltura. Il sito include i vasti canneti di valle Gorino, nei pressi della foce del Po di Goro, e della foce del Po di Volano. Le pressioni maggiori sono dovute all'eutrofizzazione ed all'intensa attività di molluschicoltura, che provoca banalizzazione delle biocenosi animali e rilascio di nutrienti nella colonna d'acqua.

Tipi di Habitat elencati nell'Allegato I di Natura 2000 (92/43/CEE): 1110, 1130, 1150. Nella parte riparata dalle correnti, a bassa profondità e suoli argillosi, delle Valli di Gorino e del confine tra la Sacca e il Po di Goro, la formazione palustre più diffusa è il canneto a fragmite (*Phragmites australis*). Nelle aree salmastre più profonde dell'interno della Sacca, dove maggiore è il disturbo delle onde e delle correnti, si trova una vegetazione sommersa dominata da alghe (*Ulvetalia*). Su substrati molli e fangosi s'insediano popolamenti

algali fluttuanti di *Ulva* e *Gracilaria*, su substrati duri s'incontra invece *Enteromorpha*. La vegetazione sommersa si presenta povera di specie, ma raggiunge enormi quantità di biomassa, e in queste comunità vive un elevato numero di animali planctonici e bentonici. Specie presenti nell'Allegato II di Natura 2000 (92/43/CEE): *Pomatoschistus canestrinii* e *Knipowitschia panizzae*. L'ambiente acquatico è fortemente disturbato, ed è a notevolissimo rischio di invasioni di specie aliene. Oltre la vongola *Tapes philippinarum*, introdotta deliberatamente a scopo di allevamento, specie invasive comuni sono i bivalvi *Musculista senhousia*, *Crassostrea gigas* e *Anadara inaequalis*, il gasteropode *Rapana venosa*, i decapodi *Dyspanopeus sayi* e *Rithronopeus harrisi*, il polichete *Ficopomatus enigmaticus*.

L'attività di ricerca continuativa nella Sacca è iniziata nei primi anni '80 (Università di Ferrara). Oltre ai parametri idrochimici, esistono serie di dati per tutte le componenti biotiche dell'ecosistema. Tre boe fisse raccolgono con frequenza oraria i parametri chimico-fisici delle acque.

## 15.2. Valli di Comacchio

*Sigla:* IT07-002-M

*Status di protezione:* SIC-ZPS (IT4060002); il Sito è incluso nel Parco Regionale del Delta del Po dell'Emilia Romagna

*Persona di riferimento:* M. Mistri, Univ. di Ferrara, msm@unife.it

*Enti coinvolti:* Univ. di Ferrara, Provincia di Ferrara, ARPA-ER, Parco Delta Po ER.

Grande valle salmastra, ricca di barene ricoperte da vegetazione alofila. E' attraversata da sud a nord dalla penisola di Boscoforte. L'area a ovest di Boscoforte presenta acque più aperte, rispetto alla zona ad est abbondante di dossi. I principali bacini sono quelli delle valli Fossa di Porto, Lido di Magnavacca, Valle Cona e bacini limitrofi, Valle Campo, Sottolido e i bacini delle Saline di Comacchio, Valle Fattibello e Spavola, Valle Capre, Valle Furlana (Valle Lavadena, Valle Pastorina, Val Bru, Ussarola e Valle Smarlacca).

A questi si aggiungono relitti di valli non in comunicazione con le precedenti: Valle Molino, Valle Zavelea (detta anche Oasi Fossa di

Porto), Vene di Bellocchio e Sacca di Bellocchio. Le attuali Valli di Comacchio sono il residuo di un complesso vallivo che ha avuto la sua massima estensione nel XVI secolo quando copriva circa 50.000 ha di superficie.



### Valli di Comacchio

Lat. 44,60741 Lon. 12,16983

Area	115 km <sup>2</sup>
Livello medio	0 m s.l.m.
Profondità max	2,5 m
Profondità media	0,8 m
Salinità	20-35 psu
Tempo di residenza	100 giorni

Fig. 15.2.1. Valli di Comacchio.

Questi si ridussero progressivamente con le bonifiche iniziate alla metà del XIX secolo e protrattesi fino alla fine degli anni '60 del XX secolo. All'interno delle valli sono ancora visibili numerose strutture relitte di cordoni litoranei e di alvei fluviali, che spesso sono utilizzate per delimitare singoli bacini. Le comunicazioni con il mare avvengono attraverso il canale di Porto Garibaldi, il Canale Logonovo e il Canale Bellocchio-Gobbino. Per gli ultimi due canali le comunicazioni sono difficoltose, a causa di frequenti insabbiamenti che si verificano alle foci. Fenomeni di inquinamento hanno in passato reso problematico il rifornimento di acque dolci dal Reno per le valli Fossa di Porto e Lido di Magnavacca. La salinità è variabile nel corso dell'anno e diversa da un bacino all'altro talvolta anche nell'ambito di uno stesso bacino, sia per motivi meteorologici (evaporazione e precipitazione) sia per il regime idraulico che viene utilizzato nei singoli casi. In genere la salinità diminuisce da N verso S per l'influenza delle acque del Reno. Le prime evidenti modificazioni rispetto agli anni '70 hanno visto l'aumento della torbidità dell'acqua a causa della drastica riduzione della componente macrofita e marcolgale (*Ruppia* e *Lamprothamnium*) a favore di abbondanti fioriture di fitoplancton alla cui composizione partecipano soprattutto picocianobatteri e *Nannochloropsis*. Ciò ha

portato a modificazione e semplificazione delle comunità floristiche e faunistiche a tutti i livelli della rete trofica e calo della produzione ittica.

Tipi di Habitat elencati nell'Allegato I di Natura 2000 (92/43/CEE): 1150, 1410, 92A0, 1510, 1420, 1310, 1110. Su suoli limosi lungamente inondati si insedia una comunità di alofite annuali pioniere a pregio naturalistico molto elevato perché dominata da *Salicornia veneta* una specie endemica dell'Alto Adriatico. Ai margini dei dossi o su barene poco rilevate, in suoli sabbioso-argillosi e in condizioni di marcata igrofilia si insedia una vegetazione alofila perenne caratterizzata da *Sarcocornia deflexa*. Di importanza internazionale la colonia di fenicotteri nidificanti (oltre 200 nidi nel 2008) e le grandi colonie di laridi e sternidi nidificanti nei dossi interni con colonie che rappresentano percentuali altissime della popolazione nidificante in Italia. Molto importante a livello internazionale anche la nidificazione della spatola, per la quale il dosso Tre Motte è l'unico sito regolarmente occupato in Italia. Specie elencate nell'Allegato II di Natura 2000 (92/43/CEE): *Alosa fallax*, *Aphanius fasciatus*, *Pomatoschistus canestrinii* e *Knipowitschia panizzae*.

La vulnerabilità delle Valli è dovuta a subsidenza ed erosione dei dossi, variazioni improvvise e consistenti del livello dell'acqua nel periodo marzo-luglio (per esigenze idrauliche e produttive) che causano la distruzione di nidi di avifauna, inquinamento idrico (eutrofizzazione causata dagli allevamenti ittici e dai prelievi delle acque del Reno). L'attività nelle Valli di Comacchio inizia con le ricerche pionieristiche di Giuseppe Colombo (Università di Ferrara) nel 1971. Attualmente, l'attività di monitoraggio continuativa, iniziata nel 1996, prevede la caratterizzazione idrochimica e della fauna acquatica, dell'avifauna e delle associazioni vegetazionistiche.

#### Riferimenti web:

[www.parcodeltapo.it](http://www.parcodeltapo.it); [www.provincia.fe.it/acquecostiere](http://www.provincia.fe.it/acquecostiere)

#### Riferimenti bibliografici:

Bartoli M., M. Cattadori, G. Giordani & P. Viaroli. 1996. Benthic oxygen respiration, ammonium and phosphorus regeneration in surficial of the Sacca di

- Goro (Northern Italy) and two French coastal lagoons. *Hydrobiologia* 329: 143-159
- Bencivelli S & N. Castaldi (a cura di). 1991. Studio integrato sull'ecologia della Sacca di Goro. FrancoAngeli srl Milano, 264 pp.
- Bencivelli S., N. Castaldi & D. Finessi (a cura di). 1994. Sacca di Goro: studio integrato sull'ecologia. FrancoAngeli srl Milano, 304 pp.
- Mistri M. 2002. Persistence of benthic communities: a case study from the Valli di Comacchio, a Northern Adriatic lagoonal ecosystem (Italy). *ICES J. Mar. Sci.* 59: 314-322
- Mistri M. 2003. The non-indigenous mussel *Musculista senhousia* in an Adriatic lagoon: effects on benthic community over a ten year period. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 83: 1277-1278
- Munari C., R. Rossi & M. Mistri. 2005. Temporal trends in macrobenthic community structure and redundancy in a shallow coastal lagoon (Valli di Comacchio, northern Adriatic Sea). *Hydrobiologia* 550: 95-104
- Regione Emilia Romagna (a cura di). 1998. Risanamento e tutela delle Valli di Comacchio fra conservazione ambientale e valorizzazione produttiva. *Laguna* 2/98, 82 pp.
- Regione Emilia Romagna (a cura di). 1999. Nuove progettualità per la gestione di un ambiente Ramsar: Valli Fattibello-Spavola. *Laguna* 5/99, 82 pp.
- Rossi R. & G. Colombo. 1976. Sex ratio, age and growth of silver eels in two brackish lagoons in the Northern Adriatic. *Arch. Oceanogr. Limnol.* 18: 327-341
- Simeoni U. (a cura di). 2000. Studi costieri: la Sacca di Goro. Lito Terrazzi srl Firenze, 242 pp.
- Viaroli P., G. Giordani, E. Cattaneo, J.M. Zaldivar, & C.N. Murray. 2001. Sacca di Goro lagoon, Northern Adriatic Sea, Italy. In Dupra V., S.V. Smith, J.I. Marshall Crossland, C.J. Crossland, Coastal and Estuarine Systems of the Mediterranean and Black Sea Region: Carbon, Nitrogen and Phosphorus Fluxes. *LOICZ Reports & Studies* 19: 36-49
- Zaldivar J.M., E. Cattaneo, M. Plus, C.N. Murray, G. Giordani & P. Viaroli. 2003. Long-term simulation of main biogeochemical events in a coastal lagoon: Sacca Di Goro (Northern Adriatic Coast, Italy). *Cont. Shelf Res.* 23: 1847-1875.

## 16. Laguna di Venezia

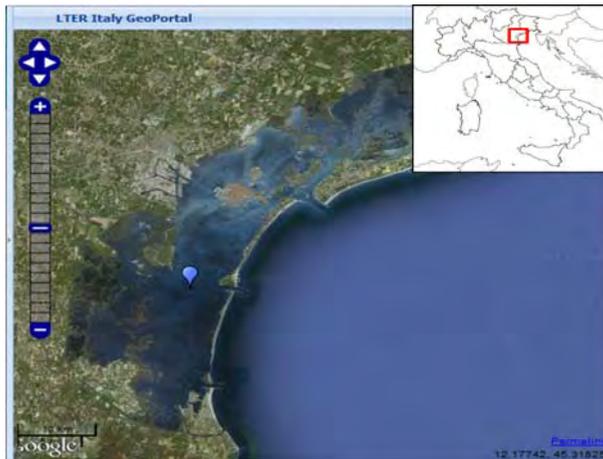
*D. Tagliapietra*

*Sigla:* IT16-001-M

*Status di protezione:* I siti “Natura 2000” comprendono i Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e le Zone di Protezione Speciale (ZPS). SIC: IT3250031 “Laguna superiore di Venezia”, SIC IT3250030 “L aguna medio- inferiore di Venezia”, IT3250003 “Penisola del Cavallino: biotopi litoranei”, IT3250023 “Lidi di Venezia: biotopi litoranei” per i biotopi costieri. ZPS: ZPS IT3250046 "Laguna di Venezia", ZPS IT3250003 “Penisola del Cavallino: biotopi litoranei” Important Bird Areas: IBA 064 “Laguna di Venezia”. Zone Ramsar: Valle Averte. Vi sono inoltre due Oasi di protezione Ca' Roman ed agli Alberoni.

*Persona di contatto:* D. Tagliapietra, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine (CNR-ISMAR), Venezia

*Enti coinvolti:* CNR-ISMAR, Università Ca' Foscari di Venezia, Museo di Storia Naturale di Venezia, CO.RI.LA.



Lat. tra 45,18333 e 45,56667 -	Volume 0,63 km <sup>3</sup>
Lon. tra 12,11667 e 12,63333	Ampiezza media di marea: 0,61 m (0,79 sizigie)
Area: circa 540 km <sup>2</sup> , di cui 36 km <sup>2</sup> di barene e 30 km <sup>2</sup> di isole	Salinità media 18-30 psu
Profondità media 1,5 m	Area bacino scolante 1850 km <sup>2</sup>
	Portata media dei fiumi 35,5 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> (1999)

Fig. 16.1. Il sito LTER Laguna di Venezia

Le lagune sono ecosistemi anfibi complessi caratterizzati da forti gradienti ambientali generati dall'incontro dei domini marino e terre-

stre. Sono per questo inclusi nella tipologia I-LTER “Acque di Transizione”. La laguna di Venezia è uno dei più importanti Ecosistemi di Transizione del Mediterraneo, benché la presenza umana abbia costantemente modificato l'originale struttura del bacino la laguna al giorno d'oggi può essere considerata come un “human-oriented ecosystem” più che un sistema artificiale in quanto conserva ancora forti tratti di naturalità. Il bacino lagunare è collocato nel settore nordovest del Mare Adriatico e si estende per circa 50 km tra le attuali foci dei fiumi Sile e Brenta. Osservando la costa ad una scala più ampia si vede come la laguna di Venezia formi ancora un complesso ambientale con i delta del Po, dell'Adige e del Brenta dai quali è separata da appena qualche chilometro, a testimonianza del continuum lagunare che sino a pochi secoli fa si estendeva tra Ravenna e Monfalcone. La laguna di Venezia è collocata al centro dell'Arco Adriatico il cui clima risulta essere il più freddo di tutto il Mediterraneo (tipo Cfa). Questa caratteristica distintiva si riflette nella struttura delle biocenosi con la riduzione delle specie più termofile e la presenza di alcune specie microterme (la cosiddetta “Lacuna biogeografica del Veneziano”).

Il bacino scolante della laguna copre una superficie di 1850 km<sup>2</sup> e si collega alla Laguna tramite una rete di fiumi e canali lunga oltre 2500 km. Le zone di bonifica ammontano a circa il 40% della superficie del bacino. La popolazione residente nel bacino scolante ammonta a circa un milione e mezzo di abitanti. L'uso prevalente del terreno è agricolo, con una forte presenza di aziende zootecniche. La laguna è a sua volta in comunicazione con il mare attraverso tre bocche di porto che danno origine a quattro sottobacini di dimensioni più o meno equivalenti. I quattro sottobacini presentano delle caratteristiche alquanto diverse: il bacino settentrionale è influenzato da fiumi di risorgiva, per cui le sue condizioni presentano ancora delle caratteristiche estuarina, il bacino centro-settentrionale è fortemente influenzato dall'attività umana ospitando la città di Venezia e la zona industriale di Porto Marghera. Il bacino centro-meridionale è idrologicamente influenzato dal profondo canale artificiale che unisce la bocca di Malamocco con la zona industriale, mentre il bacino meridionale mostra caratteristiche più marine. Due volte al giorno la marea ricambia circa un terzo del volume della laguna ma il ricambio non è omogeneo, la fascia interna, distante dalle bocche, presenta acque più stagnanti. La

marea genera caratteristici ambienti intertidali tra i quali spiccano le barene, formazioni dall'aspetto di basse "isole" tabulari coperte da una densa vegetazione alofila, uniche nel contesto mediterraneo. Nel corso del XX secolo le alte maree eccezionali sono divenute sempre più frequenti cosicché, per la protezione della Città, si è adottato un sistema di paratoie mobili (il Sistema Mo.S.E.) in fase di completamento e oggetto di accessi dibattiti.

L'ecologia della Laguna è fortemente condizionata dai gradienti ambientali, soprattutto dalle condizioni idrologiche e dal ricambio idrico che modulano gli inputs determinando le caratteristiche chimiche delle acque e dei sedimenti. La laguna di Venezia può essere considerata come polialina (18 and 30 PSU), l'immissione di acque dolci genera, però, un gradiente salino con salinità minori si nelle fasce più interne dove ci sono maggiori apporti di acqua dolce.

Il rapporto tra superficie acque della laguna e profondità è altissimo per cui in laguna sono molto forti i processi chimico-fisici e biologici legati ai fondali. Anche la granulometria dei sedimenti e l'accumulo della sostanza organica in essi riflettono l'idrodinamica generale, nelle aree interne i sedimenti sono dominati da limi e argille con forte accumulo di sostanza organica, mentre verso le bocche di porto diventano più sabbiosi e più poveri in sostanza organica. La degradazione microbica dei materiali organici è un fattore molto importante nel determinare la struttura delle biocenosi lungo il gradiente terra-mare, in quanto influenza il contenuto di ossigeno e la presenza di composti tossici nelle acque selezionando le specie più tolleranti.

Le attività di ricerca in laguna, oltre alla comprensione dei fenomeni naturali, sono rivolte allo studio degli effetti ecologici delle maggiori pressioni agenti sul sistema, tra i quali l'input di nutrienti di origine agricola ed urbana che genera un grado di trofia medio-alto molto inferiore ai livelli drammatici degli anni 70-90 che portarono alle note crescite esplosive di macroalghe, l'ancora intensa attività industriale e portuale (Porto Marghera, stazione marittima di Venezia, porto commerciale di Chioggia), il rilascio di inquinanti accumulatisi nei sedimenti, l'intenso traffico di navi ed imbarcazioni minori, per trasporto di merci e persone, la banalizzazione morfologica legata alle notevoli modifiche apportate ai canali per consentire il passaggio delle navi.

Negli ultimi decenni la pesca ad una specie di vongole *Tapes philippinarum* ha generato non pochi problemi legati alle tecniche di prelievo dei bivalvi dai fondali.

Recentemente si sta focalizzando l'attenzione verso la crescente presenza di specie aliene provenienti dall'acquicoltura, dal fouling e dalle acque di sentina delle navi commerciali e turistiche. Lo stesso ambiente che rende possibile la convivenza di specie con caratteristiche atlantico-continentali e specie mediterranee crea condizioni favorevoli all'insediarsi di specie aliene di varia provenienza, per le quali la laguna potrebbe rappresentare una tappa nella quale acclimatarsi per poi riprendere il loro cammino. Le specie microterme caratteristiche della "lacuna biogeografia" e spesso endemiche sono minacciate dai previsti cambiamenti climatici.

#### Riferimenti web:

Sistema Informativo della Laguna e della Zona Costiera di Venezia: [www.silvenezia.it/](http://www.silvenezia.it/) all'interno del quale è possibile trovare l' "Atlante della laguna: Venezia" interattivo  
Sal.Ve Attività per la salvaguardia di Venezia e della Laguna: [www.salve.it](http://www.salve.it),

#### Riferimenti bibliografici:

- Bon M., G. Cherubini, M. Semenzato, & E. Stival. 2000. Atlante degli uccelli nidificanti in provincia di Venezia. Provincia di Venezia –Associazione Faunisti Veneti, Servizi Grafici Editoriali, Padova, 159 pp.
- Guerzoni S. & D. Tagliapietra (Eds.). 2006. Atlante della laguna. Marsilio Editore, Venice, 243 pp. con CD-ROM
- Magistrato alle Acque di Venezia. 2010. Stato dell'ecosistema lagunare veneziano. Marsilio Editori S.p.A., Venezia, 290 pp.
- Solidoro C., V. Bandelj, F. Aubry Bernardi, E. Camatti, S. Ciavatta, G. Cossarini, C. Facca, P. Franzoi, S. Libralato, D. Melaku Canu, R. Pastres, F. Pranovi, S. Raicevich, G. Socal, A. Sfriso, M. Sigovini, D. Tagliapietra, & P. Torricelli. 2010. Response of Venice Lagoon Ecosystem to Natural and Anthropogenic Pressures over the Last 50 Years in Hans Paerl and Mike Kennish, Coastal Lagoons: Systems of Natural and Anthropogenic Change, CRC press, Taylor and Francis, 483-511.

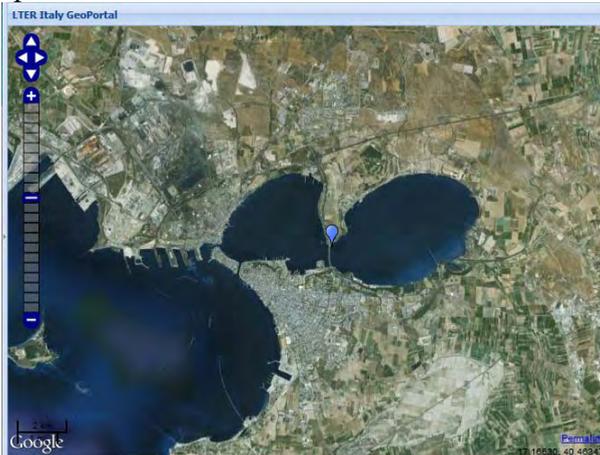
## 17. Mar Piccolo di Taranto

*E. Cecere, A. Petrocelli*

*Sigla:* IT21-001-M

*Persona di contatto:* E. Cecere, CNR-IAMC Taranto, ester.cecere@iamc.cnr.it

Il Mar Piccolo è un bacino interno, semichiuso, con caratteristiche lagunari, posto a Nord della città di Taranto (Puglia, Mare Ionio) diviso in due bacini più piccoli detti Primo Seno e Secondo Seno. Esso comunica con il vicino Mar Grande attraverso due canali: il Canale Navigabile, artificiale, e il Canale di Porta Napoli, naturale, principale via di ricambio idrico. Lo scarso idrodinamismo e il ridotto ricambio di acqua con il Mar Grande, favorito solo nel Primo Seno dall'idrovora dell'ILVA, determinano in estate la stratificazione delle acque, soprattutto nel Secondo Seno. Le caratteristiche lagunari del Mar Piccolo sono dovute principalmente alla presenza di numerose sorgenti sottomarine di acqua dolce (i "citri") variamente dislocate nei due Seni e a piccoli fiumi carsici.



Lat. 40,48278	Lon. 17,24944	Profondità max 12m (I seno) 8m (II Seno)
Area	20,72 km <sup>2</sup>	Escursione di marea 30-40 cm
Livello medio	0 m s.l.m.	Sorgenti sottomarine 34
		Fiumi Galeso, Cervaro, Rasca, Rubafemmine

Fig. 17.1. Il sito LTER Mar Piccolo di Taranto.

Poiché il Mar Piccolo è un bacino semichiuso e riparato, è stato da sempre sede di numerose attività, tra le quali la più importante è la mi-

tilicoltura, i cui impianti, tra i più grandi d'Italia, sono localizzati in entrambi i Seni. Dal 1889, il Primo Seno ospita l'Arsenale della Marina Militare. I primi studi sul bacino risalgono agli inizi del secolo scorso, quando nel 1914, al fine di rilanciare la molluschicoltura, fu costruito il Regio Istituto Demaniale di Biologia Marina, ora Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del CNR. Per individuare le condizioni ambientali più favorevoli all'allevamento dei mitili, furono condotti studi mirati sulle variabili chimico-fisiche dell'acqua di mare, ossia temperatura, salinità, ossigeno disciolto. Successivamente, si aggiunsero gli studi su nutrienti e clorofilla, ed infine, a partire dagli anni '90, fu considerato anche il particolato sospeso.

Negli anni '20, furono avviate le prime ricerche sul comparto biotico che riguardavano le macroalghe. Si tratta di lavori floristici che non riportano lunghe liste di specie ma soltanto alcune osservazioni su pochi taxa; comunque, tutti gli esemplari raccolti all'epoca in Mar Piccolo sono conservati in un erbario piuttosto ricco (Erbario Pierpaoli), che può essere considerato una vera e propria serie storica di dati. Successivamente, informazioni sporadiche sulle macroalghe furono riportate in lavori generici sul bacino. Solo alla fine degli anni '80, fu avviato lo studio sistematico del fitobenthos, sia da un punto di vista floristico che vegetazionale, studio che è ancora in corso.

Le prime ricerche sullo zoobenthos risalgono alla metà del secolo scorso, e sono tuttora in atto. Gli studi sulla biodiversità dei batteri hanno avuto inizio negli anni '80, mentre le ricerche sul fitoplancton (stadi attivi e stadi di resistenza) e sul necton, soprattutto sui giovanili delle specie di interesse commerciale, sono ancora più recenti. Infine, a partire dagli anni '90, il Mar Piccolo è stato approfonditamente studiato relativamente alla presenza di metalli pesanti (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni and V), IPA e PCB nei sedimenti e al loro impatto sui molluschi eduli.

Attualmente sono presenti serie storiche di dati delle seguenti variabili chimico-fisiche: T, S, O<sub>2</sub>%, pH, PAR, TPM, TPOM, Chl a, Carboidrati, Proteine, attività ETS, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, P-PO<sub>4</sub>, S-SiO<sub>2</sub>, N<sub>tot</sub>, P<sub>tot</sub>.

Le biocenosi attuali sono diverse da quelle presenti fino al 2000, anno in cui è stata chiusa la maggior parte degli scarichi fognari. Il cambiamento è desumibile soprattutto dalle variazioni della flora e

della vegetazione documentate da quasi cento anni di dati. Di grande importanza è, inoltre, la presenza di numerose specie alloctone, che talvolta formano veri e propri popolamenti.

In breve, la situazione attuale del bacino è la seguente:

- Comunità microbiche: tra i vibrioni sono state rinvenute sia specie non patogene, sia alcune specie potenzialmente patogene per l'uomo e gli organismi marini. Ultimamente, le concentrazioni degli indicatori di contaminazione fecale si sono ridotte.
- Fitoplancton: negli ultimi anni la composizione specifica delle comunità fitoplanctoniche è sostanzialmente cambiata; le specie tipiche di ambienti oligotrofici sono diventate più abbondanti delle diatomee, caratteristiche di ambienti eutrofici.
- Zooplancton: le comunità presenti sono tipiche degli ambienti marini costieri, dominate da copepodi calanoidi e da larve di molluschi bivalvi.
- Fitobenthos: nel Primo Seno, sui substrati mobili, sono presenti comunità bentopleustofitiche di macroalghe. Nel Secondo Seno, sono presenti anche comunità aptofitiche, in cui, per la maggior parte dell'anno, le specie dominanti appartengono alle Rodoficee. In entrambi i Seni, negli ultimi tre anni, sono state osservate dense macchie di praterie di Fanerogame marine (*Cymodocea nodosa* e *Ruppia cirrhosa*) con piante fruttifere.
- Zoobenthos: le comunità bentopleustofitiche di macroalghe ospitano una ricca comunità animale con specie appartenenti a diversi gruppi tassonomici tra cui risultano dominanti i molluschi e i crostacei.
- Ittiofauna: per quanto riguarda i pesci, la dominanza di specie sia migratorie che stagionali sottolinea il ruolo trofico e di area nursery giocato dal bacino.
- Avifauna: nell'oasi WWF sono presenti diverse specie di uccelli migratori, stanziali e nidificanti, alcune delle quali sono rare.

Riferimenti web:

[www.medinfodist.it/taranto/](http://www.medinfodist.it/taranto/);  
[vector.conismamibi.it/](http://vector.conismamibi.it/);  
[www.spicosa.eu](http://www.spicosa.eu)

Riferimenti bibliografici:

- Calace N., N. Cardellicchio, S. Ciardullo, B.M. Petronio, M. Pietrantonio & M. Pietroletti. 2008. Metal distribution in marine sediments of the Mar Piccolo in Taranto (Ionic Sea, Southern Italy). *Toxicol. Environ. Chem.* 90: 549-564.
- Caroppo C., L. Giordano, F. Rubino, P. Bisci, & T.S. Hopkins. 2010. Phytoplankton communities as indicators of ecological change in the anthropogenically impacted Mar Piccolo of Taranto (Ionian Sea). *Biol. Mar. Medit.* 17(1): 201-105.
- Cavallo R.A., M.I. Acquaviva & M. Narracci. 2006. Biodiversità di vibroni in acqua e sedimento prelevati nel Mar Piccolo di Taranto. *Biol. Mar. Medit.* 13: 66-67.
- Cecere E. & A. Petrocelli. 2009. The Mar Piccolo of Taranto. In: (E. Cecere, A. Petrocelli, A. Sfriso and G. Izzo, Eds.) *Flora and Vegetation of the Italian Transitional Water Systems*. CoRiLa, Multigraf, Spinea: 195-227.
- Matarrese R., V. De Pasquale, L. Guerriero, A. Morea, G. Pasquariello, G. Umgieser, I. Scroccaro & G. Alabiso. 2004. Comparison between remote-sensed data and in situ measurements in coastal waters: The Taranto sea case. *Chem. Ecol.* 20(3): 225-237.
- Prato E., M. Pastore & A. Bracelli. 2000. An Amphipoda community in the Mar Piccolo Lagoon (Gulf of Taranto, Ionian sea). *Acta Adr.* 41(2):17-24.

## 18. Alto Adriatico

*M. Bastianini, B. Cataletto, M. Marini, F. Raicich, M. Ravaioli*

*Sigla:* IT12-000-M

*Persona di contatto:* M. Bastianini, CNR ISMAR

L'Alto Adriatico (AA) è l'area marina di piattaforma continentale più settentrionale del Mare Mediterraneo ed è anche una delle poche regioni di produzione permanentemente alta dell'intero bacino del Mediterraneo. E' un'area poco profonda ( $z_{\max}$  70 m) dominata da una circolazione prevalentemente ciclonica. Le caratteristiche ecologiche dell'AA sono condizionate dalla batimetria, dalla meteorologia, dall'idrodinamismo e da consistenti apporti fluviali, che rappresentano circa il 20% di quelli totali del Mediterraneo. La struttura delle comunità biologiche è fortemente influenzata dagli apporti dal Fiume Po, dalla frequenza dei venti da Nord e Nord-Est e dagli scambi di masse d'acqua con l'Adriatico Centrale.



Fig. 18.1. I siti di ricerca del sito LTER Alto Adriatico.

L'AA è anche soggetto a un notevole impatto antropico, a causa del suo carattere di bacino semichiuso e del notevole sviluppo economico delle aree continentali che lo circondano. Apporti continentali e atmosferici di nutrienti e inquinanti, alta urbanizzazione costiera e intense attività di pesca e acquacoltura, turismo e traffico marittimo influen-

zano significativamente la qualità delle sue acque. Le variazioni stagionali e pluriennali del carico di nutrienti sono marcate, e i loro effetti sono modulati anche dai cambiamenti delle condizioni oceanografiche legate alle fluttuazioni climatiche. L'AA è stato soggetto a intensi fenomeni di eutrofizzazione e, più recentemente, a ripetuti episodi di formazione di aggregati mucilluginosi.

### 18.1. Golfo di Venezia e Trieste

*M. Bastianini, F. Raicich, F. Acri, F. Bernardi Aubry, E. Camatti, A. Luchetta, T. Minuzzo*

*Sigla:* IT12-003-M

*Status di protezione:* il Sito non è incluso in aree protette

*Persone di riferimento:* M. Bastianini, CNR ISMAR, Venezia, mauro.bastianini@ismar.cnr.it, F. Raicich CNR ISMAR Trieste, fabio.raicich@ismar.cnr.it

*Enti coinvolti:* CNR ISMAR



#### Golfo di Venezia e Trieste

Lat. 44,75 - 45,80 Lon. 13,15 - 13,90

Profondità max: 43 m

Profondità media: 27 m

Fig. 18.1.1. Le tre stazioni di campionamento nel Golfo di Venezia e Trieste.

L'area, localizzata a nord del delta del Po, riceve apporti d'acqua continentale da una rete di fiumi (Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta, Adige) e presenta una complessa interazione con le lagune costiere (Laguna di Grado-Marano, Laguna di Venezia).

Osservazioni meteorologiche, di livello marino e di temperatura del mare sono disponibili con regolarità da oltre 100 anni nell'area triestina. Dati idrologici, di concentrazione di nutrienti, di abbondanza e composizione delle comunità planctoniche sono stati raccolti in modo discontinuo dall'inizio degli anni '70 ai primi anni '90 e, in seguito,

con periodicità pressoché mensile. Queste informazioni permettono di documentare sia l'evoluzione trofica del bacino, sia l'impatto su di esso dei cambiamenti climatici.

La Fig. 18.1.2 illustra l'evoluzione pluriennale della biomassa fitoplanctonica nel Golfo di Venezia, evidenziando sia la elevata variabilità interannuale, sia la tendenza all'oligotrofizzazione dell'area. Le ricerche ecologiche in atto sono volte, oltre che a proseguire lo studio dell'evoluzione temporale delle variabili meteorologiche, fisiche, chimiche e biologiche, a indagare tematiche quali: le variazioni trofiche, la sensibilità del bacino agli scambi CO<sub>2</sub> aria mare e all'acidificazione marina, i suoi impatti sui cicli biogeochimici principali, le variazioni della struttura dei popolamenti planctonici, lo sviluppo e l'applicazione di sistemi tecnologici.

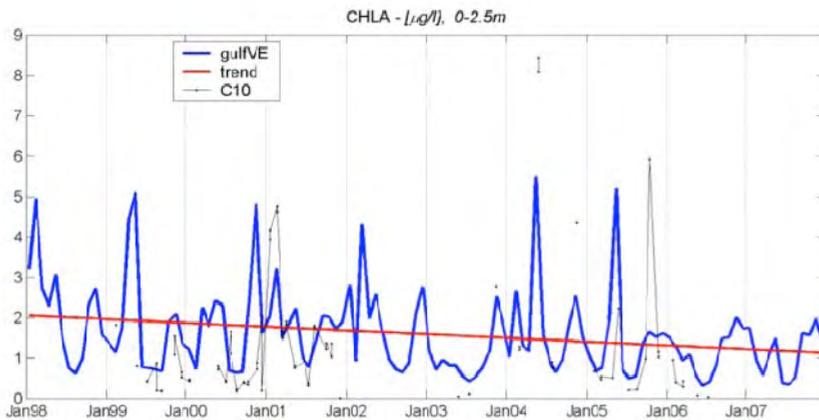


Fig. 18.1.2. Evoluzione pluriennale della biomassa fitoplanctonica (clorofilla *a*) nel Golfo di Venezia.

L'accesso ai dati storici è libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha eseguito e/o finanziato la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili (imbarcazioni, sistemi di campionamento, laboratori, foresteria) è possibile previo accordo con la Direzione dell'Istituto.

## 18.2. Golfo di Trieste

*B. Cataletto, M. Cabrini, P. Del Negro, M. Giani, M. Monti, V. Tirelli*

*Sigla:* IT12-002-M

*Status di protezione:* il Sito è incluso nella zona di protezione parziale dell'Area Marina Protetta "Riserva Naturale Marina di Miramare",

*Persona di riferimento:* B. Cataletto, OGS

*Enti coinvolti:* OGS.



### Golfo di Trieste

Lat. 45,50 - 45,78 Lon. 13,08 - 13,73

Profondità max: 25 m

Fig. 18.2.1. La stazione di campionamento C1 e posizionamento della Boa Mambo nel Golfo di Trieste.

Il Golfo di Trieste si trova nella parte più settentrionale del Mare Adriatico ed è un bacino semichiuso con una superficie di circa 600 km<sup>2</sup> e una profondità massima di 25 metri. Il principale apporto d'acqua dolce deriva dal fiume Isonzo, mentre i corsi d'acqua provenienti da sud-est sono di natura torrentizia. La costa ha fondali bassi e sabbiosi nel tratto occidentale, caratterizzato dalla presenza di numerose trezze, mentre il resto del litorale è in prevalenza alto e roccioso in quanto si trova a ridosso dell'altopiano del Carso.

Dalla seconda metà del secolo scorso, è stata oggetto di numerosissime ricerche a carattere ecologico, condotte da istituzioni nazionali e internazionali. Le prime osservazioni regolari sulla biologia marina nella stazione denominata "C1" risalgono ai primi anni '70, quando iniziarono gli studi sulla comunità zooplanctonica. Dal 1986 ebbero inizio campionamenti mensili regolari per lo studio delle caratteristiche idrologiche, chimiche e biologiche (fitoplancton e zooplancton).

La disponibilità di una lunga serie temporale permette di riconoscere la variabilità interannuale dell'abbondanza microfitoplanctonica nel Golfo di Trieste (Fig. 18.2.2). Dal 1994, il numero di parametri misurati è progressivamente aumentato, venendo a includere tutte le classi

funzionali planctoniche (pico- e nanoplancton, e virus) e diversi processi fisiologici. A partire dal 2002 lo studio è stato esteso all'ambiente bentonico ed è stata istituita una banca dati dedicata ai dati raccolti fin dal 1986. Dalla sua istituzione formale nell'ottobre 2005, il Dipartimento di Oceanografia Biologica dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS si occupa della prosecuzione delle ricerche ecologiche nel sito.

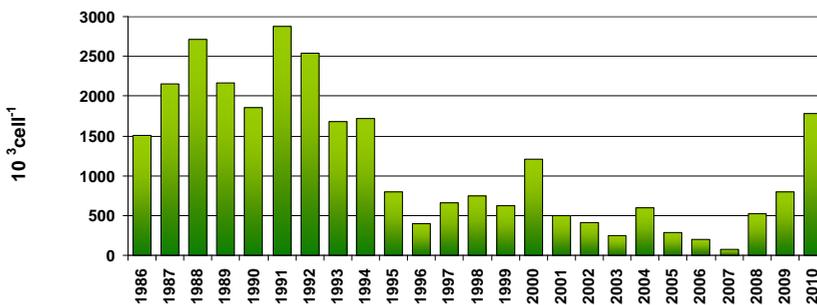


Fig. 18.2.2 Abbondanza media del microfitoplancton nello strato superficiale della stazione "C1".

In prossimità del sito "C1", l'OGS gestisce dal 1998 una boa meteo-oceanografica denominata "MAMBO" (Monitoraggio AMBIentale Operativo) dedicata all'acquisizione in continuo di dati meteorologici ed oceanografici.

Le attività di ricerca in atto sono dirette, oltre che a proseguire la serie storica di dati idrologici, biologici e biochimici, ad approfondire tematiche specifiche quali: il ciclo degli elementi biogenici, la trasformazione biochimica delle sostanze organiche, la struttura e la funzionalità delle comunità microbiche, gli effetti della CO<sub>2</sub> sui cicli biogeochimici e sulle comunità microbiche, le variazioni trofiche, le variazioni della struttura dei popolamenti planctonici.

L'accesso ai dati storici è libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha eseguito e/o finanziato la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili (sistemi di campionamento, laboratori) è possibile previo accordo con la Direzione dell'Istituto.

### 18.3. Delta del Po e costa romagnola

M. Ravaioli, G. Bortoluzzi<sup>1</sup>, P. Focaccia<sup>1</sup>, G. Stanghellini<sup>1</sup>, A. Russo<sup>2</sup>, F. Riminucci<sup>1</sup>, P. Giordano<sup>1</sup>

Sigla: LTER\_EU\_IT\_12-003-M

Status di protezione: nessuno

Persona di riferimento: M. Ravaioli, CNR ISMAR, Bologna, mariangela.ravaioli@ismar.cnr.it

Enti coinvolti: CNR-ISMAR<sup>1</sup> sede di Bologna, Università Politecnica delle Marche<sup>2</sup>.

Il crescente riconoscimento della rilevanza rivestita sotto vari aspetti dalla fascia costiera, con la conseguente necessità di una corretta gestione e di un'adeguata valutazione e prevenzione dei rischi, si scontra con la carenza di osservazioni continue *in situ*, fondamentali anche alla luce dei cambiamenti climatici in atto.

Fin dagli anni '90 numerose iniziative (progetti multidisciplinari Prisma, Sinaspi, Adricosm, Anocchia, Emma, Vector, Enveurope) hanno rivolto la loro attenzione all'acquisizione di dati in continuo in aree di studio chiave. Fra queste aree ne è stata selezionata una tra il Delta del Po ed il litorale di Rimini, particolarmente rilevante dal punto di vista economico-sociale, soggetta a fenomeni distrofici ed esposta ad impatti antropici, in cui il CNR-ISMAR ha posizionato due boe meteo-oceanografiche.



#### Boa Meteo-Oceanografica S1

Lat 44,74 Lon 12,46

Prof. Fondale 22,5 m sotto l m

Fondale siltoso-argilloso

#### Boa Meteo-Oceanografica E1

Lat 44,14 Lon 12,57

Prof. Fondale 10,5 m sotto l m

Fondale sabbioso-siltoso

Fig. 18.3.1. Ubicazione delle boe S1 (Delta del Po) ed E1 (costa riminese).

La boa S1 è attiva da marzo 2004. Comprende nell'attuale configurazione sensori meteorologici, marini superficiali e di fondo. La boa E1, attiva da agosto 2006, è simile alla precedente, è rappresentativa di un ampio tratto di zona costiera, fra Rimini e Ancona, e viene impiegata in particolar modo in azioni di monitoraggio degli episodi ipo-anossici che in passato hanno spesso caratterizzato questo settore litoraneo. I dati di entrambe le boe, trasmessi e pubblicati su sito web in tempo quasi reale ([s1.bo.ismar.cnr.it/](http://s1.bo.ismar.cnr.it/), [e1.bo.ismar.cnr.it/](http://e1.bo.ismar.cnr.it/)), risultano fondamentali per le applicazioni in modellistica oceanografica e in particolare per la validazione delle previsioni mediante confronto fra il modello e il dato reale.

I dati della boa S1, da anni, sono utilizzati per validare il modello AREG del sistema di previsioni dell'Adriatico del GNOO ([afg.gnoo.bo.ingv.it/afg](http://afg.gnoo.bo.ingv.it/afg)) mediante il confronto di temperatura, salinità e correnti. La boa E1 fornisce invece dati necessari alla validazione del modello ROMS (Fig.18.3.2), finalizzato alla previsione di livelli anormali di O<sub>2</sub> collegati a possibili episodi di ipo-anossia.

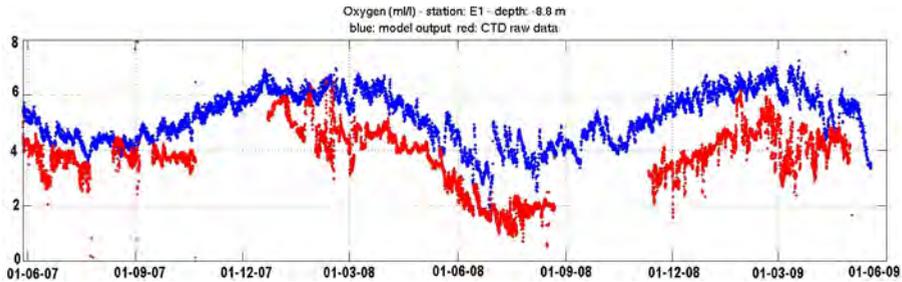


Fig. 18.3.2. Esempio di rappresentazioni grafica per il confronto tra la boa E1 ed il modello ROMS. Confronto fra il dato di ossigeno disciolto registrato dalla boa E1 e quello previsto dal modello ROMS registrato tra giugno 2007 e giugno 2009.

L'integrazione dei dati acquisiti in continuo dalle due boe con quelli sui processi biogeochimici (in particolare quelli sul ciclo del carbonio) derivati da campagne di misurazione in tutto l'Adriatico, ha dato un rilevante impulso agli studi sui cambiamenti climatici dell'area adriatica centro-settentrionale.

## 18.4. Transetto Senigallia-Susak

*M. Marini, A. Campanelli<sup>1</sup>, F. Grilli<sup>1</sup>, P. Penna<sup>1</sup>, C. Totti<sup>2</sup>*

*Sigla:* IT12-004-M

*Status di protezione:* nessuno

*Persona di riferimento:* M. Marini, CNR ISMAR, Ancona

*Enti coinvolti:* CNR-ISMAR<sup>1</sup>, Ancona, Univ. Politecnica delle Marche<sup>2</sup>, Ancona.

Il transetto Senigallia-Susak (Fig. 18.4) è un'area dell'Alto Adriatico che si estende dalla zona costiera posta di fronte la città di Senigallia fino all'area di mare prospiciente l'isola di Susak. L'ISMAR-CNR di Ancona colleziona dalla fine degli anni 80 i dati fisici, chimici e biologici del Transetto di Senigallia-Susak. Questo è un sito adatto all'osservazione delle caratteristiche delle masse d'acqua che entrano ed escono dall'Adriatico Settentrionale e le loro eventuali modificazioni. In particolare, si osservano sul lato italiano le masse d'acqua che trasportate dalla WAC (West Adriatic Current) si muovono da Nord-Ovest verso Sud-Est e sul lato Croato le masse d'acqua che trasportate dalla EAC (East Adriatic Current) si muovono verso Nord-Ovest.

Dati idrologici chimici e biologici (temperatura, salinità, densità, torbidità, fluorescenza, ossigeno disciolto, nutrienti e fitoplancton) sono stati raccolti in modo discontinuo dal 1988 al 1998 su metà transetto, con cadenza mensile dal 1999 al 2002 sull'intero transetto e con cadenza circa bimensile fino ad oggi. La Fig. 18.4.1 illustra l'evoluzione temporale dei valori di densità rilevati sul fondo delle stazioni durante gli anni 1998-2010.

Lungo il transetto si osserva il passaggio dell'acqua densa che si forma in Nord Adriatico nei mesi invernali (NAdDW-Nord Adriatic Dense Water). La presenza della NAdDW, legata al raffreddamento superficiale del nord Adriatico in inverno a causa della bora, è stata osservata, ad esempio, nel 1999, 2000, 2002, 2004, 2008 e 2010. Questo raffreddamento causa un forte addensamento che provoca l'affondamento della massa d'acqua che poi scorre sul fondo del lato occidentale del Mar Adriatico intercettando il transetto di Senigallia-Susak. Sul lato occidentale del transetto è ben visibile anche il segnale di acqua dolce proveniente dai fiumi del Nord Italia, fiume Po in par-

ticolare, che si amplifica negli anni in cui si verificano portate eccezionali come nell'Ottobre-Novembre 2000.

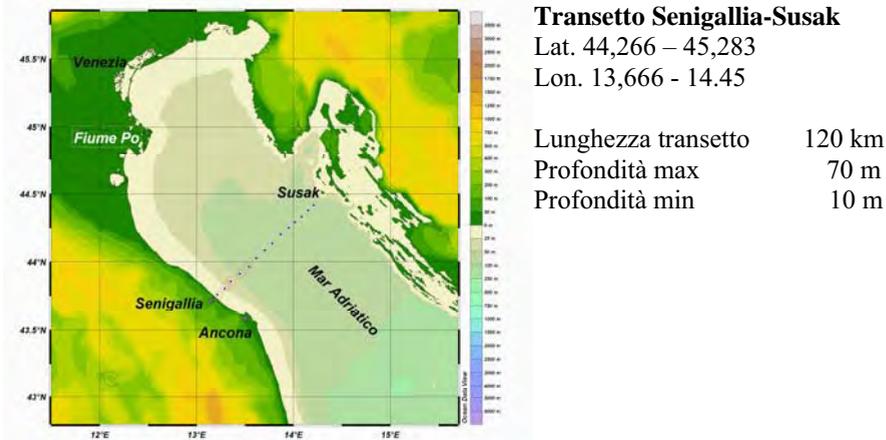


Fig. 18.4. Transetto Senigallia-Susak le stazioni attualmente monitorate sono cerchi in rosso

Lo studio e l'analisi di queste serie storiche di parametri fisici e chimici collezionati lungo il transetto ha permesso una migliore comprensione delle anomalie nei processi fisici e biologici nell'intero bacino Adriatico.

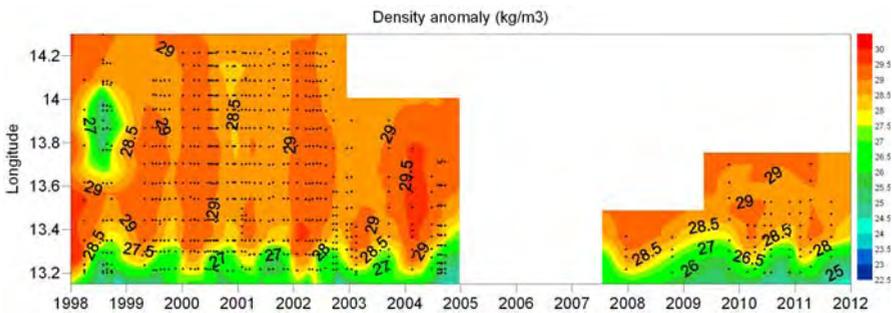


Fig. 18.4.1. Transetto Senigallia-Susak: evoluzione pluriennale dei valori di Densità ( $\text{kg m}^{-3}$ ; strato di fondo).

L'accesso ai dati storici è libero, previa richiesta, per quanto già pubblicato e citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati.

L'accesso alle strutture disponibili (imbarcazioni, sistemi di campionamento, laboratori) è possibile previo accordo con la Direzione dell'Istituto.

#### Riferimenti web:

www.ismar.cnr.it;  
 www.enveurope.eu;  
 www.sisoe.ve.ismar.cnr.it/;  
 www.ismar.cnr.it/infrastrutture/piattaforma-acqua-alta/  
 www.ogs.trieste.it; nettuno.ogs.trieste.it/ilter/BIO/  
 sl.ismar.cnr.it; el.ismar.cnr.it;

#### Riferimenti bibliografici:

- Artegiani, A., D. Bregant, E. Paschini, N. Pinardi, F. Raicich, & A. Russo. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure. *Journal of Physical Oceanography*, 27, 1492-1514.
- Artegiani, A., D. Bregant, E. Paschini, N. Pinardi, F. Raicich, & A. Russo. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure. *Journal of Physical Oceanography*, 27, 1515-1532.
- Beretta, A., H.E Roman, F. Raicich, & F. Crisciani. 2005. Long-time correlations of sea-level and local atmospheric pressure fluctuations at Trieste. *Physica A*, 347, 695-703.
- Bernardi Aubry, F., A. Berton, M. Bastianini, G. Socal, & F. Acri. 2004. Phytoplankton succession in a coastal area of the NW Adriatic over a 10-year sampling period (1990-1999). *Cont. Shelf Res.*, 24: 97-115.
- Bortoluzzi G., F. Frascari, P. Giordano, M. Ravaoli, G. Stanghellini, A. Coluccelli, G. Biasini, & A. Giordano. 2006. The S1 Buoy station, PoRiver Delta: data handling and presentation. *Acta Adriatica*, 47(Suppl):113-131.
- Campanelli A., F. Grilli, E. Paschini, & M. Marini. 2011. The influence of an exceptional Po River flood on the physical and chemical oceanographic properties of the Adriatic Sea. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 52: 284-297.
- Conversi A, T. Peluso, & S. Fonda Umani. 2009. The Gulf of Trieste: a changing ecosystem. *J. Geophys Res. C*, 114 C03S90 (doi:10.1029/2008JC004763).
- Cozzi, S., & M. Giani. 2011. River water and nutrient discharge in the Northern Adriatic Sea: current importance and long term changes. *Continental Shelf Res.*, doi:10.1016/j.csr.2011.08.010.
- Fonda Umani, S., P. Del Negro, C. Larato, C. De Vittor, M. Cabrini, M. Celio, C. Falconi, F. Tamberlich, & F. Azam. 2007. Major inter-annual variations in

- microbial dynamics in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea) and their ecosystem implications. *Aquat. Microb. Ecol.* 46: 163-175.
- Grilli, F., M. Marini, D. Degobbis, C. R. Ferrari, P. Fornasiero, A. Russo, M. Gismondi, T. Djakovac, R. Precali, & R. Simonetti. 2005. Circulation and horizontal fluxes in the Northern Adriatic Sea in the period June 1999-July 2002. Part II: Nutrients transport. *Science of the Total Environment*, 353, 115-125.
- Guarnieri, A., P. Oddo, G. Bortoluzzi, M. Pastore, N. Pinardi, & M. Ravaoli. 2008. The Adriatic Basin Forecasting System: new model and system development. Dahlin, H.; EuroGOOS, Conference Papers.
- Kamburska L. & S. Fonda Umani. 2006. Long-Term Copepod Dynamic in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Recent Changes and Trends. Clim. Res.* 31: 195-203.
- Kamburska L. & S. Fonda Umani. 2009. Seasonal and inter-annual variability of mesozooplankton biomass in the Northern Adriatic Sea (Gulf of Trieste). *J. Mar. Syst.* 78: 490-504.
- Lipizer M., G. Cossarini, C. Falconi, C. Solidoro & S. Fonda Umani. 2011. Impact of different forcing factors on N:P balance in a semi-enclosed bay: the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Cont. Shelf Res.* 31 (16): 1651-1662.
- Luchetta, A., C. Cantoni & G. Catalano. 2010. New Observations of CO<sub>2</sub> induced acidification in the northern Adriatic Sea, over the last quarter century. *Chemistry and Ecology*, 26, S1, 1-17
- Marini, M., B. H. Jones, A. Campanelli, F. Grilli, & C. M. Lee. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *Journal of Geophysical Research*, 113, C05S90, doi:10.1029/2007JC004370.
- Mozetič P., C. Solidoro, G. Cossarini, G. Socal, R. Precali, J. Francé, F. Bianchi, N. Smodlaka, C. De Vittor & S. Fonda Umani. 2009. Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series. *Estuar. Coast.* 33: 362-375.
- Piontkovski S.A., S. Fonda Umani, A. Olita, A. de Olazabal, L. Stemmann, C. G. Rubio, S. Gasparini, M. G. Mazzocchi, I. Siokou-Frangou, S. Zervoudaki, A. Gubanova & D. Altukhov. 2010. The 2003 heat wave and marine plankton communities. ICES Cooperative Research Report No. 300: 57-60.
- Pugnetti, A., A. Bazzoni, A. Beran, F. Bernardi Aubry, E. Camatti, M. Celussi, J. Coppola, E. Crevatin, P. Del Negro, & A. Paoli. 2008. Changes in Biomass Structure and Trophic Status of the Plankton Communities in a Highly Dynamic Ecosystem (Gulf of Venice, Northern Adriatic Sea). *Marine Ecology* 29: 367-74.
- Russo, A., S. Rabitti, & M. Bastianini. 2002. Decadal climatic anomalies in the Northern Adriatic Sea inferred from a new oceanographic data set. *P.S.Z.N.: Mar. Ecol.*, 23 Suppl. 1: 340-351.
- Russo, A., A. Coluccelli, I. Iermano, F. Falcieri, M. Ravaoli, G. Bortoluzzi, P. Focaccia, G. Stanghellini, C.R. Ferrari, J. Chiggiato & M. Deserti. 2009. An operational system for forecasting hypoxic events in the northern Adriatic Sea. *Geofizika*, 26(2): 191-213.

- Solidoro, S., M. Bastianini, V. Bandelj, R. Codermatz, G. Cossarini, D. Melaku Canu, E. Ravagnan, S. Salon, & S. Trevisani. 2009. Current State, Scales of Variability and Decadal Trends of Biogeochemical Properties in the Northern Adriatic Sea. *Journal of Geophysical Research* 114.
- Totti, C., M. Cangini, C. Ferrari, R. Kraus, D. Milic, M. Pompei, A. Pugnetti, T. Romagnoli, S. Vannucci & G. Socal. 2005. Phytoplankton size-distribution and community structure in relation to mucilage occurrence in the northern Adriatic Sea. *Sci Total Environ* 353:204-217.

## 19. Golfo di Napoli

A. Zingone, M. C. Buia

Sigla: IT13-000-M

Persona di contatto: A. Zingone, Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli;  
zingone@szn.it

Il Golfo di Napoli (Mar Tirreno Centrale, Mar Mediterraneo) si sviluppa tra 40°50'N, 40°32'N, 13°52'E, 14°28'E, con un'estensione di 870 km<sup>2</sup> e una profondità media di 170 m. Sull'area costiera, già abitata in epoca pre-romana, insistono circa 4 milioni di abitanti. L'attività delle grandi industrie è oggi estremamente ridotta, mentre significativa ed in crescita è l'attività delle piccole aziende. Da alcuni anni gli scarichi urbani ed industriali sono in gran parte sottoposti a vari tipi di trattamento. Nel Golfo coesistono zone altamente inquinate (foce Sarno, aree portuali) e zone ad alto grado di naturalità (Area Marina Protetta della Punta Campanella e Isola di Capri).

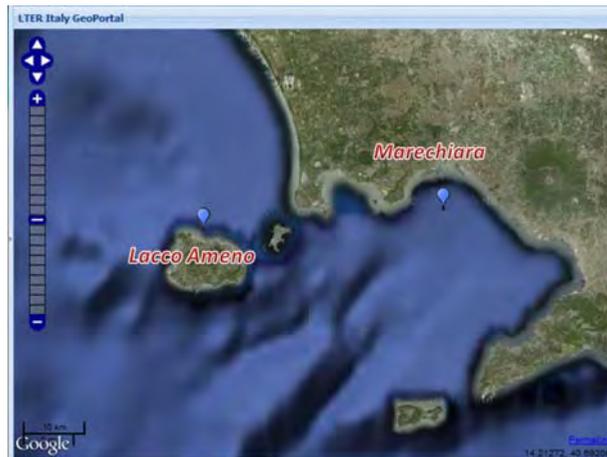


Fig. 19.1. I siti di ricerca del Sito LTER Golfo di Napoli.

Il sito comprende stazioni di campionamento del plancton e del benthos. La zona di campionamento del plancton è ai confini fra le acque costiere eutrofizzate e le acque oligotrofiche del Tirreno Meridionale. Il sito bentonico è rappresentativo dei fondali delle isole flegree, caratterizzati dalla presenza di estese praterie a *Posidonia oceanica*.

*nica* (L.) Delile, specie endemica del bacino Mediterraneo. In quest'area si sta assistendo negli ultimi anni ad una diminuzione della densità delle praterie, da imputarsi all'intensa attività di ancoraggio, alla pesca locale nonché agli sversamenti fognari.

### 19.1. MareChiara

*Sigla:* IT13-0001-M

*Persona di riferimento:* A. Zingone, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli

*Enti coinvolti:* Stazione Zoologica Anton Dohrn



#### MareChiara

Lat. 40,8083 Lon. 14,2500

Distanza dalla costa: 2 miglia

Profondità: 75 m

Temp. °C:  $14 \pm 1$  (Mar),  $26 \pm 1,5$  (Ago)

Sal.:  $37,4 \pm 0,2$  (Mag),  $37,9 \pm 0,2$  (Set-Ott)

Stratificazione da aprile a novembre

Azoto inorganico totale  $0,5-3 \mu\text{mol l}^{-1}$

Fosfati:  $0,2-0,4 \mu\text{mol l}^{-1}$

Silicati:  $2-4 \mu\text{mol l}^{-1}$

Fig. 19.1.1. Napoli dal sito MareChiara.

Sebbene gli studi sugli organismi del Golfo di Napoli siano iniziati ben prima della fondazione della Stazione Zoologica Anton Dohrn (1876), le prime ricerche ecologiche sul plancton dell'area sono state avviate solo negli anni '70 e, in modo più continuativo, dagli anni '80 del secolo scorso. Dal 1984 si effettuano campionamenti regolari al sito di ricerca MareChiara con l'obiettivo generale di studiare la variabilità del plancton in risposta alle forzanti ambientali. Le ricerche su questo sito sono state precedute da uno studio condotto nell'estate del 1983, allo scopo di individuare la posizione più adeguata per il punto di campionamento. Informazioni sulla distribuzione delle comunità planctoniche a diverse scale spaziali e temporali sono state raccolte anche nel corso di varie campagne oceanografiche condotte nel Golfo di Napoli dagli anni '70 e in cicli annuali occasionalmente effettuati su altre stazioni del Golfo. Negli anni 2000-2005 sono state campiona-

te, a frequenza quindicinale, diverse stazioni dell'area più costiera dell'intera regione campana.

Prime ricerche comparative fra la composizione attuale e passata (riscontrata nelle prime decadi del secolo scorso), sia per il microzooplancton (tintinnidi) che per alcune specie fitoplanctoniche (dinoflagellati del genere *Ceratium*), hanno messo in luce alcune differenze significative ma anche una notevole omogeneità nel tempo delle specie principali presenti nell'area, che si osserva, sia pure con qualche eccezione, anche nel corso delle ultime tre decadi. Ciò nonostante, differenze significative nel tempo si riscontrano in alcuni parametri ambientali (temperatura) e biologici (clorofilla a) (Fig. 19.1.2) come pure in altri parametri sintetici (taglia media) (Fig. 19.1.3).

Oltre che per la raccolta della serie di dati, la stazione è utilizzata come 'laboratorio naturale' nel quale vengono condotte, per periodi limitati, ricerche mirate volte a risolvere questioni fondamentali che riguardano l'ecologia del plancton.

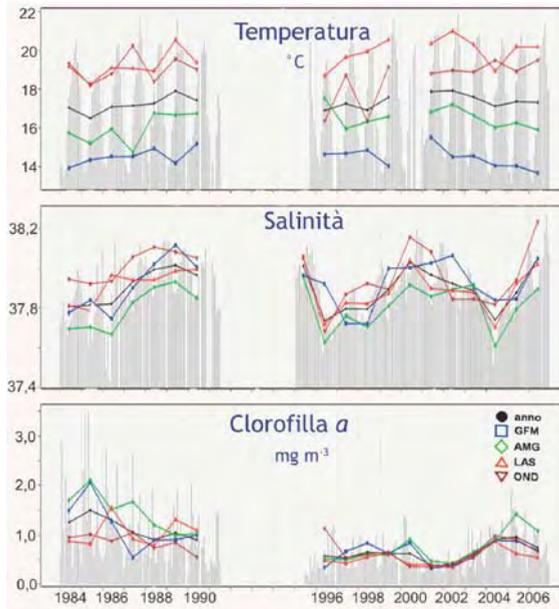


Fig. 19.1.2. Andamento di alcuni parametri ambientali e della biomassa fitoplanctonica a MareChiara.

A tale scopo le analisi di routine sono state spesso integrate da ulteriori campionamenti ed esperimenti di laboratorio, che hanno affrontato, ad esempio, tematiche quali il ruolo dei virus nell'abbattimento delle fioriture algali, il tasso di produzione di cisti di dinoflagellati nel corso delle stagioni e, più recentemente, i processi di riproduzione sessuale in determinate specie di diatomee, e il grazing da parte di organismi micro- e mesozooplanc tonici.

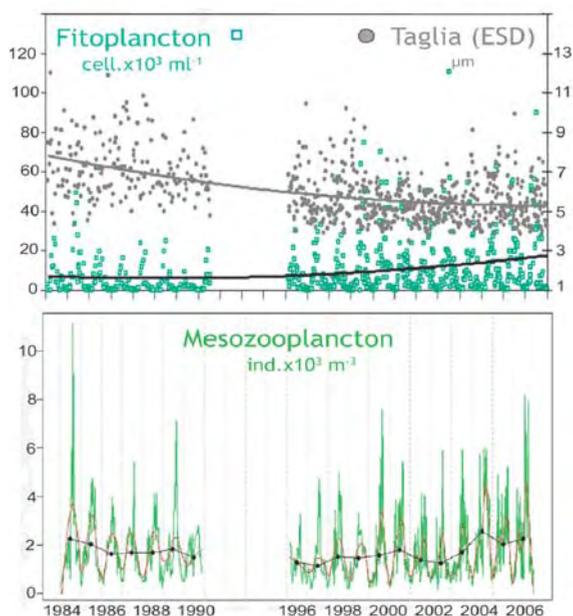


Fig. 19.1.3. Evoluzione pluriennale del fito- e mesozooplanc ton a MareChiara.

Lo studio della biodiversità del fitoplancton nell'area nelle ultime decadi ha portato alla descrizione di una quindicina di specie nuove. Questi studi si sono sviluppati, in anni più recenti, attraverso la coltivazione in laboratorio e le analisi morfologiche e molecolari di organismi di particolare interesse. Inoltre, utilizzando DNA ambientale, vengono condotte a MareChiara ricerche su generi selezionati di diatomee o sull'intera comunità (metagenetica, metagenomica). MareChiara rappresenta una delle poche serie temporali di organismi planctonici nel Mar Mediterraneo ed è certamente una delle più lunghe.

Gli sforzi sostenuti dalla Stazione Zoologica per portare avanti le attività di campionamento ed analisi sul sito di ricerca MareChiara negli ultimi anni sono stati supportati da progetti di ricerca nazionali (MIUR-VECTOR) e da collaborazioni internazionali (es. nell'ambito degli SCOR-Working Groups 125 e 137) che sono andati aumentando in linea con la crescente attenzione per il possibile impatto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marini.

## 19.2. Lacco Ameno (Ischia): Prateria a *Posidonia oceanica*

*Sigla:* IT13-002-M

*Status di protezione:* il Sito è incluso nell'AMP "Regno di Nettuno"

*Persona di riferimento:* M. C. Buia, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli

*Enti coinvolti:* Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli

Peculiare è la presenza, attorno all'isola di Ischia (inclusa nell'AMP 'Regno di Nettuno'), di estese praterie a *Posidonia oceanica* (pianta marina endemica del Mar Mediterraneo) che si estendono dalla profondità di 0,5 m sino alla batimetria dei 39 m, coprendo un'area totale di circa 17 km<sup>2</sup>. Queste praterie sono oggetto di studio dagli anni '70 da parte del Gruppo di Ecologia del Benthos della SZN (ubicato a Ischia) che ha curato lo studio di fattibilità dell'AMP. La prateria più studiata è quella di Lacco Ameno, situata nel settore Nord dell'Isola, nella baia delimitata dal Monte Vico e dall'abitato di Lacco Ameno (Fig. 19.2.1).



### Lacco Ameno

Lat. 40,7598 Lon. 13,900

Prof.: da 0,5 a 32 m, con discontinuità a 14 m

Area prateria: 3,08 km<sup>2</sup>

Moderatamente esposta ai moti ondosi

Sedimento: 1-6m sabbie medie e fini,

10m sabbie fini, 15-25m frazioni siltose

Sostanza organica: 1-3 m: 1-3%, 6-10 m: 3-5%, 15-25m 6-8%

Fig. 19.2.1. Isola di Ischia: distribuzione delle praterie a *Posidonia oceanica*.

Dal 1979 la prateria di Lacco Ameno è stata oggetto di studi multidisciplinari (anche se non regolari) che hanno fornito informazioni sulla sua struttura, sulla dinamica di crescita della pianta e sulle sue risposte ecofisiologiche, sulla diversità genetica, sulle caratteristiche delle comunità vegetali e animali associate nonché sulle loro interazioni trofiche e chimiche. Nell'arco temporale di 30 anni, la prateria è andata incontro a variazioni strutturali riguardanti, ad esempio, la densità dei fasci per  $m^2$ , soprattutto a 5 e 10 m di profondità (Fig. 19.2.2), da imputare soprattutto all'intensa attività di ancoraggio nella stagione estiva.

Sino al 1992, la prateria era caratterizzata da una marcata anisotropia strutturale, evidente dalla presenza di numerosi nuclei di densità, di forma pressoché circolare, ad andamento sia centripeto sia centrifugo. L'analisi ripetuta dopo circa 10 anni (2000) ha confermato sia l'alterazione strutturale degli stand più superficiali (densità più omogenea), sia la dinamica evolutiva della prateria: le zone a maggiore densità registrate nel '92 corrispondono infatti a quelle a più alta diversità genetica, misurata nel 2000, testimoniando una memoria a lungo termine della convergenza di differenti genotipi (Fig. 19.2.3).

L'analisi lepidocronologica (tecnica di retrodatazione) ha permesso di valutare i pattern di produzione della pianta per il periodo 1972–2001 (Fig. 19.2.4), evidenziando un ciclo endogeno di circa 8 anni, caratterizzato da un'alternanza di anni ad alta e bassa produzione.

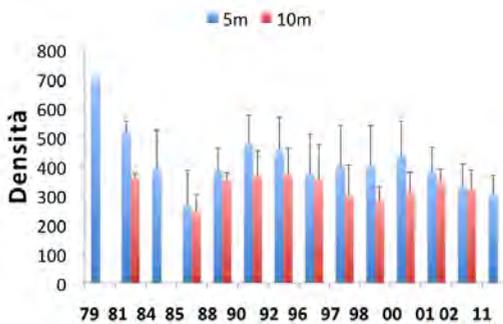


Fig. 19.2.2. Lacco Ameno. Andamento pluriennale della densità della prateria (nr. fasci  $m^{-2}$ ).

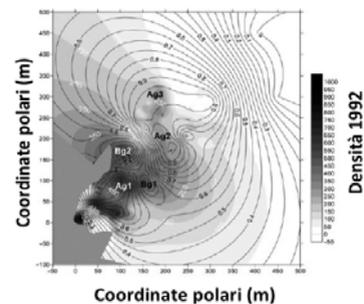


Fig. 19.2.3. Lacco Ameno. Isolinee dell'anisotropia genetica (2000) sovrapposte alla densità (1992).

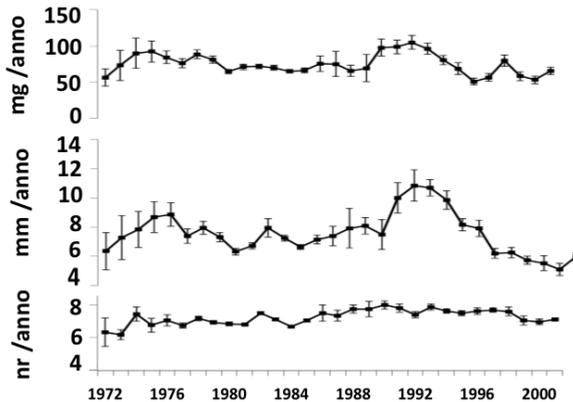


Fig. 19.2.4. Lacco Ameno. Andamento pluriennale della produzione di *P. oceanica*.

La presenza di una prateria a *P. oceanica* nel sito del Castello Aragonese (dove emissioni naturali di CO<sub>2</sub>, abbassando il valore del pH naturale, consentono di studiare gli effetti dell'acidificazione su sistemi naturali) ha portato ad una intensificazione delle ricerche in questa località, utilizzando il sito storico di Lacco Ameno come controllo. Attualmente le ricerche in atto sono volte a proseguire lo studio dell'evoluzione temporale delle variabili climatiche e biologiche e a valutare gli effetti dell'acidificazione su questo importante ecosistema marino. L'accesso ai dati storici è libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con il Gruppo di Ecologia del Benthos che ha eseguito la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili (imbarcazione, campionamento, laboratori) è possibile previo accordo con la Direzione della Stazione Zoologica Anton Dohrn.

#### Riferimenti web:

[www.szn.it](http://www.szn.it); [www.nettunoamp.org/](http://www.nettunoamp.org/)

#### Riferimenti bibliografici:

Gambi M.C., M. De Lauro, & F. Jannuzzi. 2003. Ambiente marino costiero e territorio delle isole flegree (Ischia Procida Vivara – Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare. Liguori Ed., Napoli: 425 pp.

- Lorenti M., M.C. Buia, V. Di Martino, & M. Modigh. 2005. Occurrence of mucous aggregates and their impact on *Posidonia oceanica* beds. *Science of the Total Environment*, 353 (1-3): 369-379.
- Mazzocchi M.G., L. Dubroca, C. Garcia-Comas, I. Di Capua & M. Ribera D'Alcalà. Stability and resilience in coastal copepod assemblages: The case of a Mediterranean long-term ecological research at Station MC (LTER-MC). *Prog. Oceanogr.* (in stampa).
- Ribera d'Alcalà M., F. Conversano, F. Corato, P. Licandro, O. Mangoni, D. Marino, M. G. Mazzocchi, M. Modigh, M. Montresor, M. Nardella, V. Saggiomo, D. Sarno & A. Zingone. 2004. Seasonal patterns in plankton communities in a pluriannual time series at a coastal Mediterranean site (Gulf of Naples): an attempt to discern recurrences and trends. *Sci. Mar.* 68 (Suppl. 1): 65–83.
- Zingone A., L. Dubroca, D. Iudicone, F. Margiotta, F. Corato, M. Ribera d'Alcalà, V. Saggiomo & D. Sarno. 2010. Coastal phytoplankton do not rest in winter. *Estuaries and Coasts* 33:342-61.
- Zupo V., M.C. Buia, M.C. Gambi, M. Lorenti & G. Procaccini. 2006. Temporal variations in the spatial structure of a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow and its relationships with the patterns of genetic diversity. *PSZNI Marine Ecology*, 27:328-338.

## 20. Ecosistemi marini della Sardegna

A. Lugliè, B.M. Padedda, S. Pulina, C.T. Satta, A.M. Bazzoni, N. Sechi

*Sigla del Sito:* IT14-000-M

*Persona di contatto:* A. Lugliè, Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari, luglie@uniss.it

Il sito comprende due differenti tipologie di ambiente:

1. *Ambienti marini costieri.* Il Golfo dell'Asinara, nella costa settentrionale della Sardegna, e il Golfo di Olbia, in quella nord-orientale, sono le aree marine costiere inserite nel sito, per le quali si dispone di dati ecologici a partire, rispettivamente, dagli anni '90 ed '80. Le aree sono caratterizzate da diversi tipi ed intensità d'impatto antropico che, conseguentemente, definiscono scenari differenti rispetto alla qualità ambientale.

2. *Ambienti lagunari.* Le lagune di Cabras, Santa Giusta e S'Ena Arrubia, localizzate nel Golfo di Oristano, lungo la costa centro-occidentale della Sardegna, sono state studiate a partire dagli anni '90. Sono proprietà della Regione Autonoma della Sardegna e concesse in uso per pesca e acquacoltura. Sono interessate da diverse problematiche ambientali, per lo più connesse con l'eutrofizzazione.

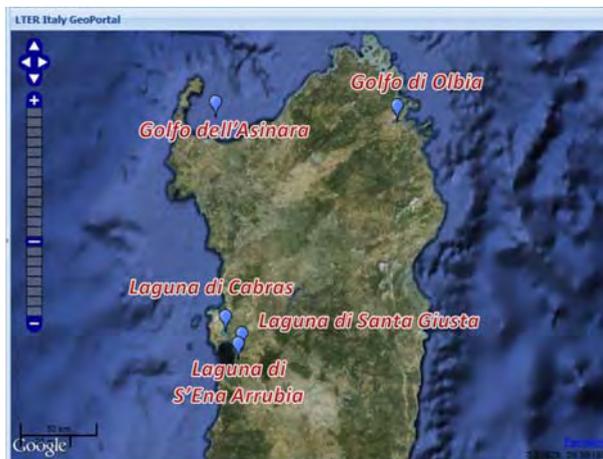


Fig. 20.1. I siti di ricerca del sito LTER Ecosistemi marini della Sardegna.

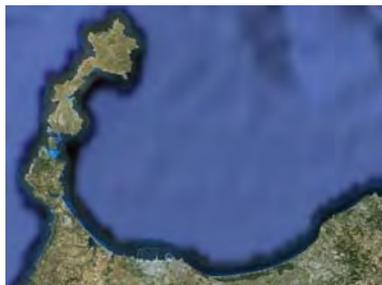
## 20.1. Golfo dell'Asinara

*Sigla:* IT14-001-M

*Status di protezione:* ZPS, SIC, Area Marina Protetta, Parco Nazionale

*Persona di riferimento:* A. Lugliè, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari



### Golfo dell'Asinara

Lat. 40,90398 Lon. 8,49954

Area golfo	~500 km <sup>2</sup>
Lunghezza golfo	17,4 km
Profondità media	35-40 m
Profondità max	~50 m
Volume golfo	~20 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>

Fig. 20.1.1. Golfo dell'Asinara.

Il Golfo dell'Asinara (Fig. 20.1.1) si estende nella costa settentrionale della Sardegna, limitato dall'Isola dell'Asinara (Parco Nazionale) ad ovest e dal paese di Castelsardo ad est. A partire dagli anni '70, quest'area marina è stata sottoposta ad un forte impatto antropico, legato allo sviluppo del polo petrolchimico di Porto Torres ed alla installazione di centrali elettriche. Il principale centro urbano lungo la costa è Porto Torres, con un importante porto industriale ed uno civile. A queste fonti di inquinanti e di nutrienti si aggiungono, principalmente attraverso il Rio Mannu, i reflui di Sassari e di gran parte del territorio della Nurra.

Le serie di dati riguardano i descrittori classici del compartimento pelagico (trasparenza, temperatura, pH, conducibilità, ossigeno, alcalinità, nutrienti, clorofilla *a*, densità cellulare, biomassa e composizione in specie del fitoplancton) ed iniziano nel 1997, proseguono sino al 2007 e riprendono nel 2010, solo su scala stagionale. I dati riguardano più punti del golfo; l'area di maggiore interesse, per lo scarso disturbo antropico, è quella prossima all'Isola dell'Asinara. La Fig. 20.1.2 mostra la dinamica del fitoplancton su scala decennale (1997-2007): negli ultimi anni, la composizione del fitoplancton è variata a favore delle Cyanophyceae, con la riduzione delle Dinophyceae, e la contemporanea

nea tendenza alla riduzione della clorofilla *a* ed un leggero incremento della temperatura.

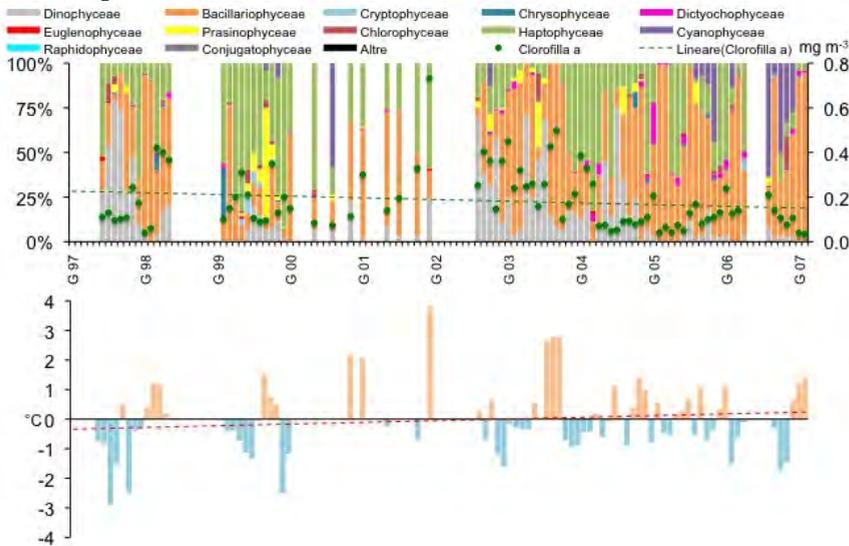


Fig. 20.1.2. Dinamica della composizione del fitoplancton e della clorofilla *a* (sopra) e degli scarti medi mensili della temperatura con la relativa linea di tendenza (sotto) nel Golfo dell'Asinara.

## 20.2. Golfo di Olbia

*Sigla:* IT14-002-M

*Persona di riferimento:* A. Lugliè, Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Università di Sassari

*Enti coinvolti:* Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari



### Golfo di Olbia

Lat. 40,92364 Lon. 9,53019  
 Area golfo 6,5 km<sup>2</sup>  
 Lunghezza golfo 5 km  
 Profondità max 12 m  
 Profondità media 5 m  
 Volume golfo 31 m<sup>3</sup>

Fig. 20.2.1 Golfo di Olbia.

Il Golfo di Olbia (Fig. 20.2.1) è una tipica ria, nella costa orientale della Sardegna. Nella sua parte meridionale, è presente la foce del Fiume Padrongiano mentre in quella più interna ospita uno dei porti passeggeri più importanti del Mediterraneo (circa 4 milioni di passeggeri all'anno), un porto commerciale ed uno industriale. È un'importante area di molluschicoltura (5000 t a<sup>-1</sup>), la maggiore in Sardegna. La mitilicoltura è fortemente influenzata dalla qualità ambientale e un problema particolarmente importante in questo senso è la presenza di alghe potenzialmente tossiche, regolarmente monitorate dall'inizio degli anni '90. I primi dati ecologici relativi allo stato trofico sono stati raccolti nel 1987, in connessione con una moria animale contemporanea ad una fioritura fitoplanctonica che aveva causato colorazione delle acque, in un quadro di evidente eutrofia. Nella seconda metà degli anni 2000 sono stati effettuati degli interventi infrastrutturali riguardanti il sistema portuale e gli scarichi reflui ed industriali di Olbia, questi ultimi finalizzati a ridurre l'eutrofizzazione del golfo.

Sono disponibili serie di dati a lungo termine dei descrittori di base del compartimento pelagico (trasparenza, temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, alcalinità) e della trofia delle acque (nutrienti, clorofilla *a*, densità cellulare, biomassa e composizione in specie del fitoplancton). La raccolta dei dati è iniziata nel 1992 per quanto riguarda il solo fitoplancton, a cui si sono aggiunte le altre variabili ambientali nel 1995. Dal 2008, la raccolta è proseguita senza interruzione solo per i dati relativi al fitoplancton.

La Fig. 20.2.2 (alto) pone in evidenza le abbondanze dal 1999 al 2010 del genere *Alexandrium*, comprendente specie responsabili della Paralytic Shellfish Poisoning (PSP). Nell'estate del 1999 è stata accertata per la prima volta la presenza di *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech nel golfo, osservato anche negli anni successivi, sempre con densità modeste. Nel 2002 si è verificato il primo caso di tossicità nei mitili (PSTs > di 800 μg kg<sup>-1</sup> pe), seguito da un evento simile nel 2003. Negli anni seguenti le abbondanze sono diminuite. *A. catenella* veniva considerato uno dei pochi casi documentati di specie invasive introdotte nel Mediterraneo. Negli ultimi anni si è ipotizzato che l'espansione della specie possa essere spiegata con una sua presenza da lungo tempo nel Mediterraneo e che, grazie a condizioni ambientali più favorevoli al suo accrescimento, sia stato possibile il suo

recente rilevamento, evidenziando l'importanza delle ricerca LTER anche rispetto a queste problematiche.

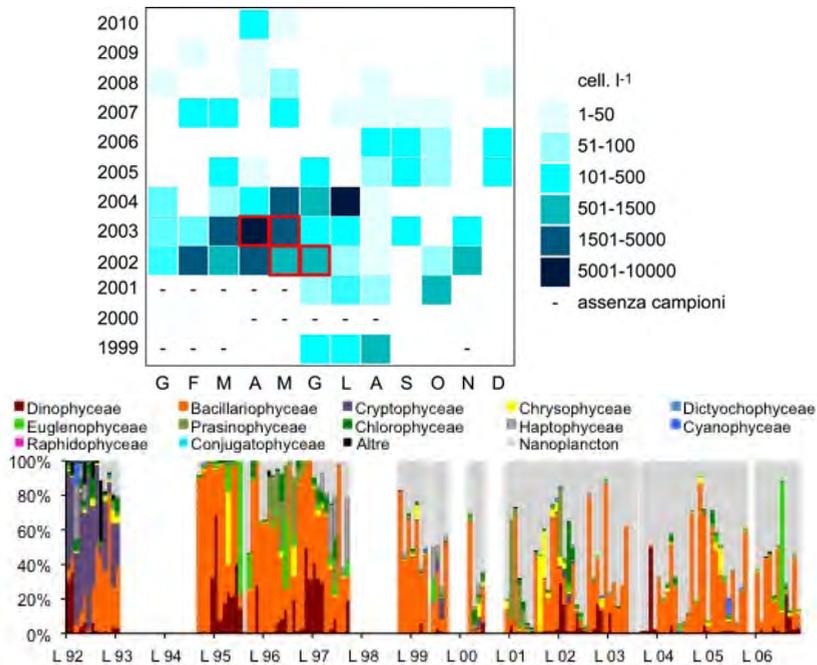


Fig. 20.2.2. Sopra, specie di *Alexandrium* (bordo rosso = positività PSP nei mitili) dal 1999 e, sotto, variazione pluriennale della composizione in classi del fitoplancton nel Golfo di Olbia, dal 1992.

La dinamica della composizione in classi del fitoplancton ha contemporaneamente indicato un progressivo aumento dell'importanza relativa del nanoplancton ed una diminuzione delle Bacillariophyceae e Dinophyceae.

### 20.3. Laguna di Cabras

*Sigla:* IT14-003-M

*Status di protezione:* ZPS, SIC, IBA, Ramsar

*Persona di riferimento:* A. Lugliè, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari



### Laguna di Cabras

Lat. 39,94399 Lon. 8,48343

Area bacino imbrifero	436 km <sup>2</sup>
Area laguna	27,8 km <sup>2</sup>
Volume laguna	38 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Profondità max	3 m
Profondità media	1,5 m
Perimetro	31 km
Area bacino imb. / area laguna	15,7

Fig. 20.3.1. Laguna di Cabras.

La Laguna di Cabras (Fig. 20.3.1) è situata nella costa occidentale della Sardegna, nel Golfo di Oristano. L'input d'acqua dolce è scarso ed irregolare, proveniente principalmente dal Rio Mare 'e Foghe. Il centro urbano più grande è Cabras. L'intensa attività agricola e le acque reflue urbane non adeguatamente depurate sono responsabili dello stato eutrofico della laguna. Durante l'ultimo secolo, la laguna ed il suo bacino imbrifero hanno subito diverse modifiche. Tra gli interventi più importanti sono compresi la trasformazione dell'area umida di Mare e' Foghe in un canale (anni '60), con la conseguente perdita della relativa capacità fitodepurativa e del suo ruolo di mediazione degli input d'acqua dolce, e la riconfigurazione degli scambi con il mare (anni '70). Attualmente, la comunicazione con il mare avviene attraverso quattro canali ristretti che sfociano in un canale, lo scolmatore, costruito per evitare gli allagamenti continui che interessavano i terreni adiacenti, durante le forti piogge invernali. La laguna ha un elevato valore economico in relazione alle intense attività di pesca. Nel 1998, la cattura di pesce è stata di 850 t, ma questo valore è sceso a meno di 80 t dopo il 1999. Infatti, per il suo elevato livello trofico, una drammatica crisi distrofica si è verificata all'inizio dell'estate del 1999. Da questo evento, è stata raccolta una lunga serie di dati per i principali descrittori ambientali e trofici (trasparenza, temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, alcalinità, azoto, fosforo, silice, clorofilla *a*, densità cellulare, biomassa e composizione in specie del fitoplancton).

La Figura 20.3.2 mostra la dinamica pluriennale della salinità, temperatura e composizione in classi del fitoplancton, indicando la tendenza all'affermazione delle Cyanophyceae parallelamente

all'incremento della temperatura ed alla riduzione della salinità. L'andamento descritto non è stato regolare e negli anni si sono succeduti periodi di relativa stabilità con altri d'intensi cambiamenti.

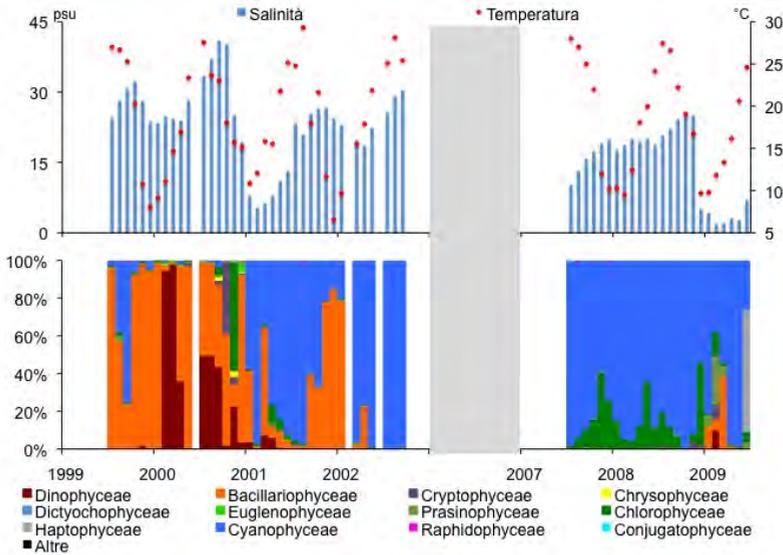


Fig. 20.3.2. Dinamica della salinità e temperatura (sopra) e della composizione in classi del fitoplancton (sotto).

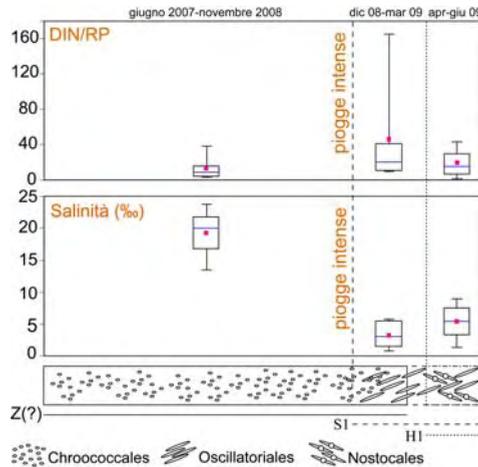


Fig. 20.3.3. Successione degli ordini delle Cyanophyceae, a seguito di un evento estremo di piovosità nell'autunno 2008.

Uno di questi si è verificato nel 2008 (Fig. 20.3.3), con l'autunno più piovoso degli ultimi 40 anni, che ha determinato un brusco ed intenso abbassamento della salinità lagunare, un forte incremento nella disponibilità di nutrienti ed il contemporaneo succedersi di diversi ordini di Cyanophyceae nel ruolo di dominanti (Pulina *et al.*, 2011).

## 20.4. Laguna di S'Ena Arrubia

*Sigla:* IT14-005-M

*Status di protezione:* ZPS, SIC, IBA, Ramsar

*Persona di riferimento:* A. Lugliè, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Università di Sassari

*Enti coinvolti:* Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari



### Laguna di S'Ena Arrubia

Lat. 39,82224 Lon. 8,56766

Area bacino imbrifero	128 km <sup>2</sup>
Area laguna	1,2 km <sup>2</sup>
Volume laguna	1,4 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Profondità max	0,6 m
Profondità media	0,4 m
Perimetro	7 km
Area bacino imb. / area laguna	106,7

Fig. 20.4.1. Laguna di S'Ena Arrubia.

La Laguna di S'Ena Arrubia (Fig. 20.4.1) è situata lungo la costa centro occidentale della Sardegna. L'input d'acqua dolce proviene da due fiumi: il Rio Sant'Anna (detto anche Diversivo), che drena una superficie di 78,4 km<sup>2</sup>, e il Canale delle Acque Basse (chiamato anche Idrovora), che drena 50 km<sup>2</sup> di un territorio originatosi dal prosciugamento dello Stagno del Sassu (3000 ha), ed utilizzato principalmente per attività agricole e di allevamento. Lo scambio tra il mare e la laguna avviene per mezzo di un canale costruito nel 1970. Altre opere di ingegneria sono state effettuate nel 2000 per ridurre l'elevato livello trofico, aumentando l'idrodinamismo attraverso l'ampliamento della bocca a mare e migliorando il flusso di marea. L'elevato stato trofico è stato causa di crisi distrofiche e morie di pesci, verificatesi a partire

dal 1960. La principale attività nella laguna è la pesca. Dal 1990 al 2003 una lunga serie di dati è stata raccolta per i parametri chimico-fisici (trasparenza, temperatura, pH, conducibilità, ossigeno, alcalinità) e trofici (nutrienti, clorofilla *a*, densità cellulare, biomassa e composizione in specie del fitoplancton). L'ampliamento della bocca a mare ha influenzato la salinità lagunare, con un evidente incremento (Fig. 20.4.2).

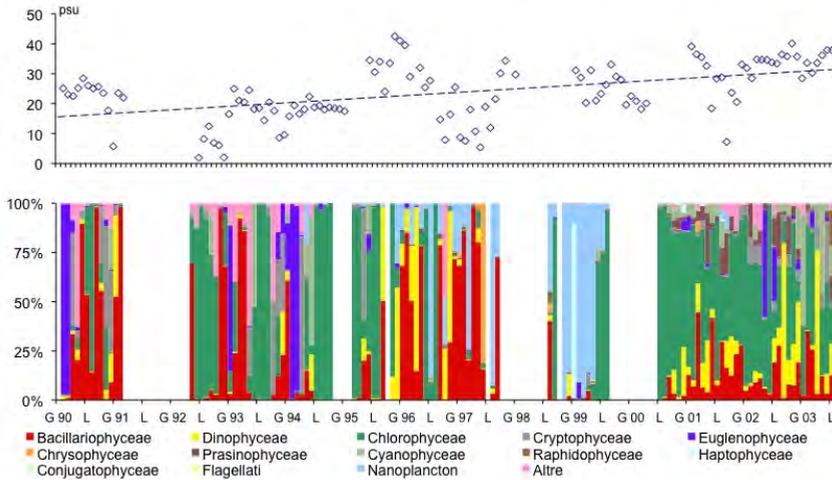


Fig. 20.4.2. Dinamica della salinità (sopra) e della composizione in classi (sotto) del fitoplancton nella Laguna di S'Ena Arrubia.

La composizione in classi del fitoplancton ha manifestato una notevole eterogeneità interannuale, con uno spostamento negli ultimi anni di studio verso una maggiore importanza relativa di Dinophyceae e di Cyanophyceae.

## 20.5. Laguna di Santa Giusta

*Sigla:* IT14-004-M

*Status di protezione:* ZPS, SIC, IBA, Ramsar

*Persona di riferimento:* A. Lugliè, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari

*Enti coinvolti:* Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche, Univ. di Sassari



### Laguna di Santa Giusta

Lat. 39,86924 Lon. 8,59133

Area bacino imbrifero	173,3 km <sup>2</sup>
Area laguna	8,02 km <sup>2</sup>
Profondità max	1,2 m
Profondità media	1 m
Perimetro	11 km
Area bacino imb. / area laguna	21,6

Fig. 20.5.1. Laguna di Santa Giusta.

La Laguna di Santa Giusta (Fig. 20.5.1), di forma quasi circolare, è localizzata lungo la costa occidentale della Sardegna, nel Golfo di Oristano, in un contesto fortemente antropizzato. In origine il collegamento della laguna con il mare avveniva attraverso un canale, il Canale di Pesaria, lungo circa 3 km, che la collegava al tratto finale del Fiume Tirso. Il canale permetteva l'afflusso di acqua dolce solo nel periodo umido e quello di acqua di mare solo nel periodo secco. Nel 1958 il canale è stato scavato (3 m) ed allargato (6 m), separato dal fiume e collegato direttamente con il mare. Inoltre, la realizzazione di un sistema di cattura di pesci (bordigue) ha causato una notevole riduzione della sua profondità e larghezza, con ripercussioni sul volume di scambio di marea. Nel 1970, durante la costruzione del porto industriale di Oristano, è stato costruito anche un secondo canale di comunicazione con il mare. La produzione ittica della laguna è sempre stata elevata (superiore a 500 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), con punte di circa 800 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> nel 1977. Durante il successivo periodo di dieci anni, la produzione di pesce è diminuita progressivamente, e nel settembre 1989 una drammatica crisi distrofica ha causato la morte di tutta la componente animale della laguna. Negli anni successivi, la riduzione del pescato e l'aumento della frequenza di episodi distrofici è stato posto in relazione al peggioramento dello stato trofico, a causa di un incremento della popolazione e delle attività industriali come fonte di nutrienti. Nel 1995, per affrontare questa problematica, è stata realizzata la diversione dei reflui urbani con un canale perilagunare che raccoglie i reflui di Oristano e Santa Giusta. È stato progettato per funzionare come un sistema di fitodepurazione e di rimozione dei nutrienti: le acque parzialmente trattate, dopo un percorso di alcuni chilometri, vengono in-

canalate verso un impianto di trattamento dei reflui, da qui raccolte in un unico canale e poi scaricate nel porto industriale. Anche recentemente (estate 2010) si sono comunque verificati gravi eventi di moria della componente ittica. Dal 1990, è stata raccolta una lunga serie di dati, con la misurazione dei principali parametri ambientali (trasparenza, temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, alcalinità, nutrienti, clorofilla *a*, densità cellulare, biomassa e composizione in specie del fitoplancton). La raccolta dati è stata interrotta nel 2002 ed è ripresa, nei mesi estivi del 2010 e dalla primavera del 2011 ad oggi.

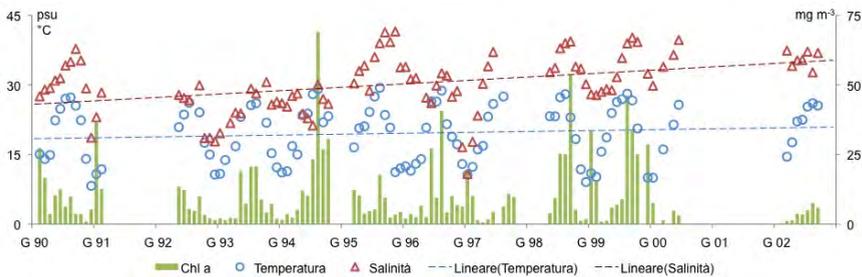


Fig. 20.5.2. Dinamica pluriennale della temperatura, salinità e clorofilla *a* (Chl *a*) nella Laguna di Santa Giusta.

La dinamica pluriennale ha evidenziato una tendenza alla salinizzazione della laguna, come evidenziato dalla Fig. 20.5.2, contemporanea ad un lieve incremento della temperatura. L'andamento della clorofilla *a* ha segnalato periodiche intense crescite del fitoplancton, con picchi elevati ma non regolari, soprattutto nei mesi estivi, spesso connessi con sviluppi delle Raphidophyceae. I dati più recenti, hanno segnalato uno spostamento della composizione verso una maggiore affermazione delle Cyanophyceae e, in generale, di specie di piccola taglia.

#### Riferimenti bibliografici:

- Fiocca F., A. Lugliè & N. Sechi. 1996. The phytoplankton of S'Ena Arrubia Lagoon (centre-western Sardinia) between 1990 and 1995. *Giornale Botanico Italiano* 130(4-5-6): 1016-1031.
- Lugliè A., F. Fiocca, G. Ceccherelli & N. Sechi. 2001. Distribuzione temporale della composizione specifica del fitoplancton e dei principali parametri ambientali nello Stagno di Santa Giusta (Sardegna Centro-Occ.). *Biol. Mar. Medit.* 8: 332-337.
- Lugliè A., N. Sechi, G. Oggiano, G. Sanna & A. Tapparo. 2001. Ecological assessment of Santa Giusta Lagoon (Sardinia, Italy). *Annali di Chimica* 91: 239-247.

- Lugliè A., O. Soru, M. Vila, M. Masó, C. Satta, B.M. Padedda & N. Sechi. 2006. Dinamica giornaliera del fitoplancton nel Golfo di Olbia con particolare attenzione a specie del genere *Alexandrium*. *Biol. Mar. Medit.* 13(1): 1020-1024.
- Lugliè A., R. Ruiu, G. Ceccherelli & N. Sechi. 2002. Variabilità spazio-temporale della struttura del fitoplancton nel Golfo dell'Asinara (Sardegna). *Biol. Mar. Medit.* 9(1): 409-415.
- Padedda B.M., A. Lugliè, G. Ceccherelli, F. Trebini & N. Sechi. 2010. Nutrient-flux evaluation by the LOICZ Biogeochemical Model in Mediterranean lagoons: the case of Cabras Lagoon (Central-Western Sardinia). *Chem. Ecol.* 26: 147-162.
- Penna A., E. Garcés, M. Vila, M.G. Giacobbe, S. Fraga, A. Lugliè, I. Bravo, E. Bertozzini & C. Cernesi. 2005. *Alexandrium catenella* (Dinophyceae), a toxic ribotype expanding in the NW Mediterranean Sea. *Mar. Biol.* 148: 13-23
- Pulina S., B.M. Padedda, N. Sechi & A. Lugliè. 2011. The dominance of cyanobacteria in Mediterranean hypereutrophic lagoons: a case study of Cabras Lagoon (Sardinia, Italy). *Sci. Mar.* 75(1): 111-120.
- Sannio A., A. Lugliè & N. Sechi. 1996. The phytoplankton of the internal Gulf of Olbia (North-East Sardinia) between July 1992 and July 1993. *Giornale Botanico Italiano* 130: 1037-1050.
- Satta C.T., S. Angles, E. Garcés, A. Lugliè, B.M. Padedda & N. Sechi. 2010. Dinoflagellate cysts in recent sediments from two semi-enclosed areas of the Western Mediterranean Sea subject to high human impact. *Deep-Sea Res. II* 57: 256-267.
- Satta C.T., S. Pulina, B.M. Padedda, A. Penna, N. Sechi & A. Lugliè. 2010. *Alexandrium taylorii* Balech presence and water discoloration events in a new beach of the Western Mediterranean Sea (Platamona beach, North Sardinia). *Advances in Oceanography and Limnology* 1(2): 259-269.
- Sechi N., A. Lugliè, G. Solinas, R. Ruiu & B. Manca. 1998. La qualità dell'acqua dell'ambiente marino del Golfo dell'Asinara dal punto di vista della componente trofica primaria. In: Gutierrez M., A. Mattone & F. Valsecchi (eds). *L'isola dell'Asinara. L'ambiente, la storia, il parco*. Poliedro, Nuoro: 177-180.
- Sechi N., B.M. Padedda & A. Lugliè. 2006. Gestione ecologica e territoriale di ambienti di transizione: lo Stagno di Cabras. In: G. Maciocco & P. Pittaluga (eds). *Il Progetto ambientale in aree di bordo*, pp. 207-237, Milano: Franco Angeli.
- Sechi N., F. Fiocca, A. Sannio & A. Lugliè. 2001. Santa Giusta Lagoon (Sardinia): phytoplankton and nutrients before and after waste water diversion. *J. Limnol.* 60(2): 194-200.
- Trebini F., B.M. Padedda, G. Ceccherelli, A. Lugliè & N. Sechi. 2005. Changes of nutrient concentrations and phytoplankton communities after morphological modification in the S'Ena Arrubia Lagoon (Central-Western Sardinia). *Chem. Ecol.* 21(6): 491-502.
- Trebini F., G. Ceccherelli & N. Sechi. 2003. Variazione temporale delle macroalghe e del fitoplancton nella laguna eutrofica di S'Ena Arrubia (Sardegna Centro-Occidentale). *Biol. Mar. Medit.* 10: 742-744.

## 21. Area Marina Protetta di Portofino

R. Cattaneo-Vietti, M. Castellano, S. Costa, F. Massa, P. Povero

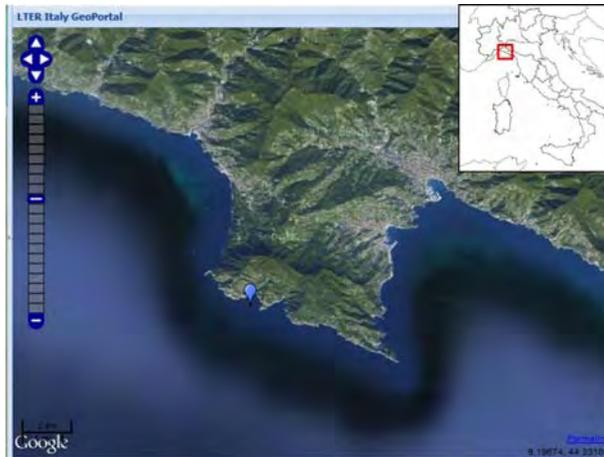
*Sigla:* IT15-001-M

*Status di protezione:* Area Marina Protetta, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

*Persona di contatto:* R. Cattaneo-Vietti, Dipteris, Univ. degli Studi di Genova.

*Enti coinvolti:* Univ. degli Studi di Genova e Consorzio di Gestione tra la Provincia di Genova, Comuni di Camogli, Portofino, S. Margherita Ligure.

Il sito comprende la colonna d'acqua ed i fondali antistanti il Promontorio di Portofino che si estende nel Mar Ligure per oltre 3 chilometri, con uno sviluppo costiero di circa 15 chilometri. Le falesie sommerse del Promontorio ospitano una fauna e una flora particolarmente ricche e diversificate (Fig. 21.1).



Lat. 44,30 Lon. 9,20

Area: 74 ettari

Profondità max: 120 m

Profondità media: 40 m

Lunghezza costa: 15 km

Fig. 21.1. Il sito LTER Area Marina Protetta di Portofino.

La roccia che costituisce il versante meridionale, in gran parte puddinga, è ricca d'anfratti e fessure. Ciò ha favorito l'instaurarsi di una ricca comunità coralligena che raggiunge uno sviluppo raramente osservabile in altre aree mediterranee. Dai 30 ad oltre 50 m di profondi-

tà, infatti, grazie alla continua azione costruttrice delle alghe coralline e di animali a scheletro calcareo, si è costituito, nel tempo, un ambiente assai complesso dominato da grandi gorgonie, spugne, madreporari e briozoi. Particolarmente importante la facies a corallo rosso, la principale del Mar Ligure. Sui fondali sabbiosi lungo i versanti occidentali e orientali del Promontorio sono invece presenti praterie di Posidonia, dove trovano rifugio e nutrimento moltissime specie.

Dal 1999 il sito fa parte dell'Area Marina Protetta di Portofino. Questa scelta protezionistica si basa non solo sull'elevata valenza ambientale dell'area, ma anche sull'importanza economica che questa riveste. La zona è, infatti, inserita in un contesto costiero particolarmente antropizzato, caratterizzato da molteplici attività (turismo nautico, subacqueo, attività di pesca) e da una vasta area urbana. Dal 2005 l'Area Marina Protetta è un SPAMI (*Specially Protected Area of Mediterranean Interest*) riconosciuta dall'Ufficio RAC/SPA dell'UNEP di Tunisi.

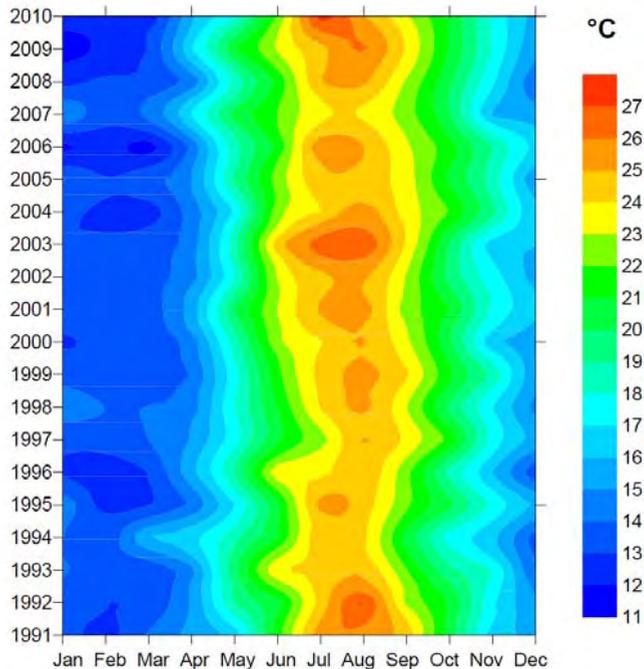


Fig. 21.2. Portofino: andamento pluriennale della temperatura superficiale marina

Le ricerche ecologiche attualmente in atto sono volte a proseguire lo studio della struttura e dinamica delle principali variabili fisiche, chimiche e biologiche lungo la colonna d'acqua (Fig. 21.2 e 21.3). Inoltre sono attive ricerche sulle comunità bentoniche ed ittiche. Particolare attenzione viene anche posta sul ruolo e l'impatto delle attività economiche, molto importanti nell'area ed in particolare sulla pesca sia professionale che sportiva.

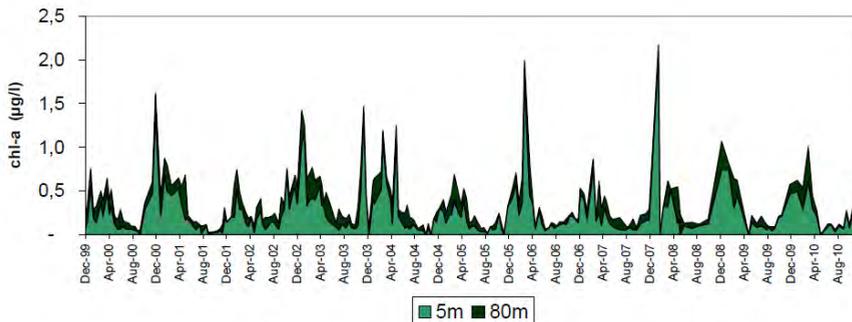


Fig. 21.3. Portofino: andamenti pluriennali della concentrazione di clorofilla a 5 m e a 80 m di profondità.

L'accesso ai dati storici è libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con l'Ente che ha finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili (imbarcazioni, sistemi di campionamento, laboratori, foresteria) è possibile previo accordo con la Direzione dell'AMP e l'Università degli Studi di Genova.

#### Riferimenti web:

[www.portofinoamp.it](http://www.portofinoamp.it);  
[portofino.macisteweb.com/](http://portofino.macisteweb.com/);  
[www.remare.org](http://www.remare.org)

#### Riferimenti bibliografici:

Bavestrello G., C. Cerrano, D. Zanzi, & R. Cattaneo-Vietti. 1997. Damage by fishing activities to the Gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* 7: 253-262.

- Bavestrello G., R. Cattaneo-Vietti, & C. Cerrano. 1995. Annual sedimentation of detritus rolling down a vertical cliff (Ligurian Sea, Italy): analysis of the contribution of the resuspension process. *J. Coast. Res.* 11 (3): 690-696.
- Bavestrello G., S. Bertone, R. Cattaneo-Vietti, C. Cerrano, E. Gaino, & D. Zanzi. 1995. Mass mortality of *Paramuricea clavata* (Anthozoa: Cnidaria) on Portofino Promontory Cliffs (Ligurian Sea). *Marine Life* 4: 15-19.
- Cattaneo-Vietti R., & S. Bava. 2009. La tonnarella e la pesca tradizionale a Camogli. Ed. Le Mani, Recco. 1-143.
- Cerrano C., G. Bavestrello, C. N. Bianchi, R. Cattaneo-Vietti, S. Bava, C. Morganti, C. Morri, P. Picco, G. Sara, S. Schiaparelli, A. Siccardi, & F. Sponga. 2000. A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters* 3: 284-293.
- Doglioli A.M., A. Griffa, & M.G. Magaldi. 2004. Numerical study of a coastal current on a steep slope in presence of a cape: the case of the Promontorio di Portofino. *J. Geophys. Res.* 109: C12033.
- Manca Zeichen M., M.G. Finora, M. Locritani, N. Ruggieri, L. Tunesi, G.P. Gasparini, M. Bassetti, V. Grandi, R. Cattaneo-Vietti, & P. Povero. 2008. A preliminary analysis of *in situ* and remotely sensed environmental variables in the coastal region of the Portofino Marine Protected Area. *Chemistry and Ecology* 24: 57-66.
- Ruggieri N., M. Castellano, C. Misic, G. Gasparini, R. Cattaneo-Vietti, & P. Povero. 2006. Seasonal and interannual dynamics of a coastal ecosystem (Portofino, Ligurian Sea) in relation to meteorological constraints. *Geophysical Research Abstracts* 8: 07774.
- Schiaparelli S., M. Castellano, P. Povero, G. Sartoni, & R. Cattaneo-Vietti. 2007. A benthic mucilage event in North-Western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Marine Ecology P.S.Z.N.* 28: 1-13.

## 22. Stazioni di Ricerca in Antartide

M. Ravaioli

Sigla: IT17-000-M

Persona di contatto: M. Ravaioli, CNR - ISMAR Istituto di Scienze Marine di Bologna, mariangela.ravaioli@bo.ismar.cnr.it

Il sito, ubicato nel Mare di Ross, fa parte della rete LTER dalla sua nascita ed è costituito da quattro ancoraggi fissi (*mooring*: A, B, D, H) e dal macrosito di Baia Terra Nova (Fig. 22.1). I *mooring* sono composti da 2 livelli strumentati che consentono le registrazioni delle variazioni oceanografiche ed ecologiche di un ambiente polare marino e costiero, soggetto alla presenza di ghiacci stagionali e permanenti. Il Mare di Ross è un grande mare epicontinentale; la produzione primaria delle sue acque è controllata dai processi di formazione e scioglimento dei ghiacci stagionali che, durante l'inverno australe, coprono l'intera area inibendo il passaggio della luce e precludendo quindi i processi fotosintetici.



Fig. 22.1. Il sito LTER Stazioni di Ricerca in Antartide.

Il sito si prefigge l'acquisizione, iniziata nei primi anni '90, di serie storiche a lungo termine della comunità biotica nella zona di piattaforma del Mare di Ross collegate allo studio dei flussi bio-geochimici e alle caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua. Tutti i siti

dispongono di rilevanti e continue serie di dati oceanografici ed ecologici a lungo termine.

## 22.1. Mooring A

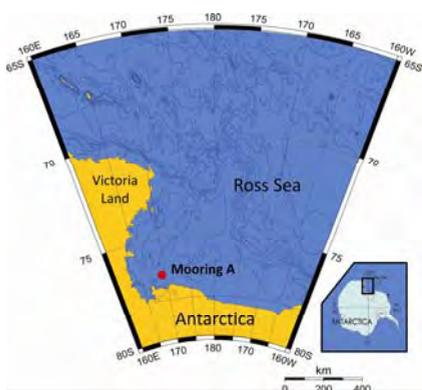
*M. Ravaioli, F. Giglio, L. Langone, L. Capotondi, C. Bergami, F. Chiarini, R. Dunbar, S. Aliani, E. Paschini, R. Meloni, P. Focaccia.*

*Sigla:* IT17-001-M

*Persona di riferimento:* M. Ravaioli, CNR - ISMAR Istituto di Scienze Marine di Bologna, mariangela.ravaioli@bo.ismar.cnr.it

*Enti coinvolti:* CNR - ISMAR, Univ. di Napoli Parthenope.

L'ancoraggio denominato Mooring A è posizionato nel settore meridionale del Mare di Ross in un'area caratterizzata dai tassi di produttività più elevati. Inoltre la sua collocazione permette di registrare gli impulsi di acqua fredda in uscita dal *Ross Ice Shelf*.



### Mooring A

Mare di Ross sud-occidentale,

Isola di Ross

Lat. -76,700516 Lon. 169,0823

Profondità delle acque: 800 m

Estensione: mooring lungo 510 m

Fig. 22.1.1. Posizione del Mooring A

Questo sito è stato operativo nel periodo 1991 - 2010 (Fig. 22.1.2) attraverso una collaborazione tra Stati Uniti ed Italia gestita da ISMAR - CNR nel contesto di vari progetti di ricerca: Progetto per il sito Osservativo Mooring A (1991-1994), ROSS-MIZE, BIOSESO I e II, ABIOCLEAR e ROAVERRS (M. Ravaioli-R. Dunbar) e Progetto VECTOR- FISR-Miur. Il principale obiettivo di questo sito di mooring è lo studio dei flussi di particelle verso i sedimenti profondi, in particolare con lo scopo di ottenere stime quali-quantitative della compo-

nente biogenica proveniente dalla produzione primaria. Attraverso l'analisi dei processi di sedimentazione e del ciclo del particolato biogenico (carbonati e silicati), è stato possibile ottenere bilanci di massa di questi parametri, stimando il loro ciclo lungo la colonna d'acqua fino alla deposizione nei sedimenti. Dai tassi di accumulo calcolati nei sedimenti del fondo si è cercato inoltre di discriminare l'entità del flusso verticale effettivo, rispetto all'apporto orizzontale derivante dai processi di rimobilizzazione del sedimento di fondo.

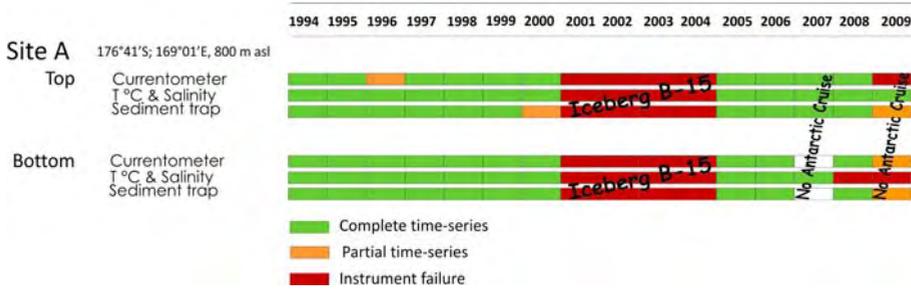


Fig. 22.1.2. Metadati presenti per il mooring A.

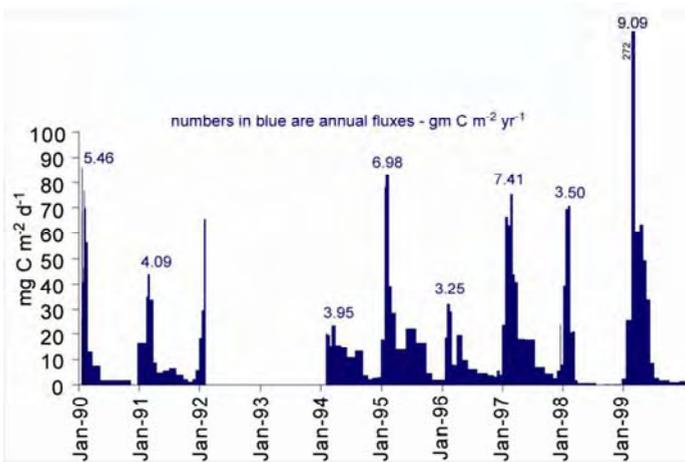


Fig. 22.1.3. Flussi verticali di POC misurati durante 8 anni nel sito del mooring A da gennaio ad aprile

La Fig. 22.1.3 sintetizza i flussi di Particulate Organic Carbon (POC) stimati nel periodo 1990 - 1999. I valori più elevati si osservano durante il mese di Gennaio, nel corso dell'estate australe, successi-

vamente a questo picco i flussi tendono a diminuire per raggiungere valori minimi nel mese di Aprile. In 15 anni di attività sono stati inoltre raccolti numerosi campioni di sedimento al fine di stimare le variazioni di produttività e di paleoproduttività dell'area alle diverse scale spaziali e temporali.

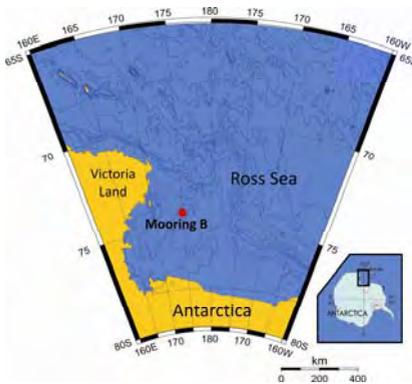
## 22.2. Mooring B

*M. Ravaioli, F. Giglio, L. Langone, L. Capotondi, C. Bergami, F. Chiarini, R. Dunbar, S. Aliani, E. Paschini, R. Meloni, P. Focaccia*

*Sigla:* IT17-002-M

*Persona di riferimento:* M. Ravaioli, CNR - ISMAR Istituto di Scienze Marine di Bologna, mariangela.ravaioli@bo.ismar.cnr.it

*Enti coinvolti:* CNR - ISMAR, Univ. di Napoli Parthenope



### Mooring B

Mare di Ross centro settentrionale, Bacino Joides

Lat. -74,01047 Lon. 175.08482

Profondità delle acque: 592 m

Estensione: mooring lungo 400 m

Fig. 22.2.1. Posizione del Mooring B

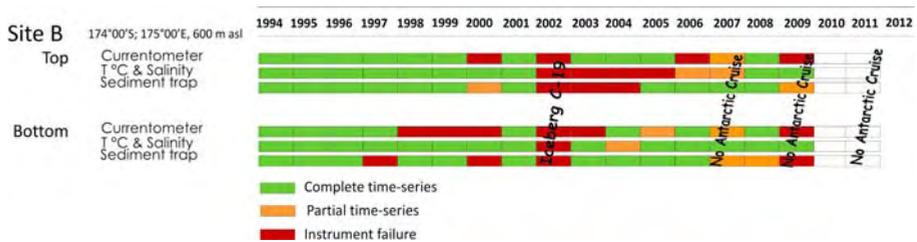


Fig. 22.2.2. Metadati presenti per il mooring B.

Questo sito, operativo dal 1994, è stato parte di vari progetti di ricerca che si sono succeduti nel tempo: ROSS-MIZE, BIOSESO I e II,

ABIOCLEAR e Progetto VECTOR- Fisir-Miur. Il sito è posizionato nel Bacino di Joides in un'area Off Shore del mare di Ross che risente sia delle intrusioni stagionali dell'acqua circumpolare che dell'acqua fredda di neo formazione. Tale posizione permette di indagare le variazioni dei flussi di particelle verso i sedimenti profondi, e quindi di ottenere stime quali-quantitative della componente biogenica proveniente dalla produzione primaria, in un bacino caratterizzato da elevati tassi di accumulo del sedimento di fondo.

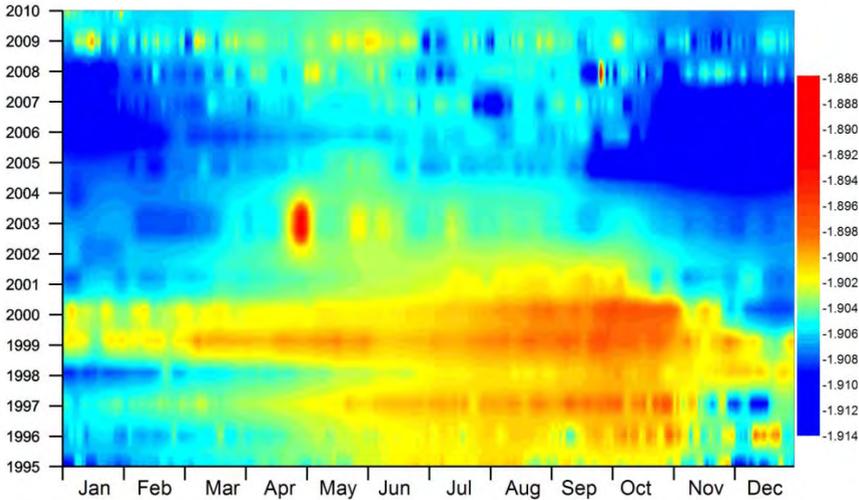


Fig. 22.2.3. Serie temporale di 15 anni di misure di temperatura dell'acqua di fondo relativa al mooring B.

Inoltre, come sopra accennato, questo sito permette di monitorare la formazione delle acque dense di piattaforma chiamate *High Salinity Shelf Water* (HSSW), che vengono prodotte principalmente nella vicina *polynya* di Baia Terranova durante i mesi invernali e che fuoriescono nell'area di Cape Adare andandosi a mescolare con la grande corrente fredda circumpolare. In determinate condizioni parte della HSSW raggiunge il Joides Basin scorrendo, a causa della sua elevata densità sul fondo del bacino. Questo processo è stato confermato dall'analisi delle proprietà fisiche (temperatura potenziale, salinità e densità) dell'acqua di fondo presente nell'area del Mooring. In Fig.22.2.3 è presentata un'immagine della media ponderata delle analisi dei dati giornalieri che permette di fare una serie di considerazioni

sulle fluttuazioni della temperatura dell'HSSW sia nel corso delle stagioni che nel lungo periodo. Sono possibili alcune considerazioni: la temperatura potenziale media negli ultimi 15 anni è di  $-1.904 \pm 0.005^\circ\text{C}$  e raggiunge valori relativamente più elevati durante la fase tardiva dell'inverno australe (settembre-ottobre), mentre in primavera ed estate l'acqua è più fredda. Si nota tuttavia anche una variabilità interannuale con gli anni 1997, 1999-2000 mediamente più caldi. Gli anni 2000 sono caratterizzati da un trend di raffreddamento progressivo che culmina nel 2006, l'anno caratterizzato da acqua di fondo più fredda di tutta la serie. Successivamente sembra riprendere un *trend* di riscaldamento che tuttavia dovrà essere verificato con i dati che saranno acquisiti in futuro. E' inoltre possibile considerare che, in modo piuttosto costante, la primavera (Novembre-Dicembre) sembra la stagione contraddistinta dai minimi di temperatura nel corso di tutti i 15 anni di misure considerate.

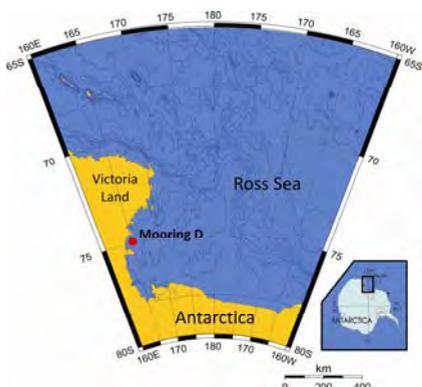
### 22.3. Mooring D

*G. Budillon, G. Spezie, S. Aliani, M. Capello, G. Fusco, R. Meloni, E. Paschini, P. Rivaro, E. Rusciano, S. Tucci.*

*Sigla:* IT17-003-M

*Persone di riferimento:* G. Budillon, G. Spezie, Univ. di Napoli Parthenope, giorgio.budillon@uniparthenope.it, giancarlo.spezie@uniparthenope.it

*Enti coinvolti:* Univ. di Napoli Parthenope, CNR - ISMAR, Univ. di Genova.



#### Mooring D

Mare di Ross occidentale, Baia  
Terra Nova Polynya  
Lat.  $-75.136766$  Lon.  $164.527116$   
Profondità delle acque: 1157 m  
Estensione: mooring lungo 630 m

Fig. 22.3.1. Posizione del mooring D

La serie storica di questo sito inizia nel 1994 quando il mooring D è stato posizionato nella zona profonda della *polynya* di Baia Terra Nova dove avviene la produzione della *High Salinity Shelf Water* (HSSW), l'acqua più densa dell'Oceano Meridionale, che - raggiungendo la scarpata continentale del Mare di Ross e mescolandosi con le acque di origine circumpolare - contribuisce alla formazione delle acque di fondo antartiche (AABW - *Antarctic Bottom Water*).

Il sito è studiato e monitorato con il principale obiettivo di comprendere i processi che regolano la formazione della HSSW e di analizzarne la variabilità delle caratteristiche termoline. L'analisi delle serie temporali acquisite per il sito ha permesso di evidenziare la stretta correlazione tra i venti catabatici, l'apertura della *polynya* e la formazione di HSSW a scala di tempo stagionale (v. figura 22.3.2).

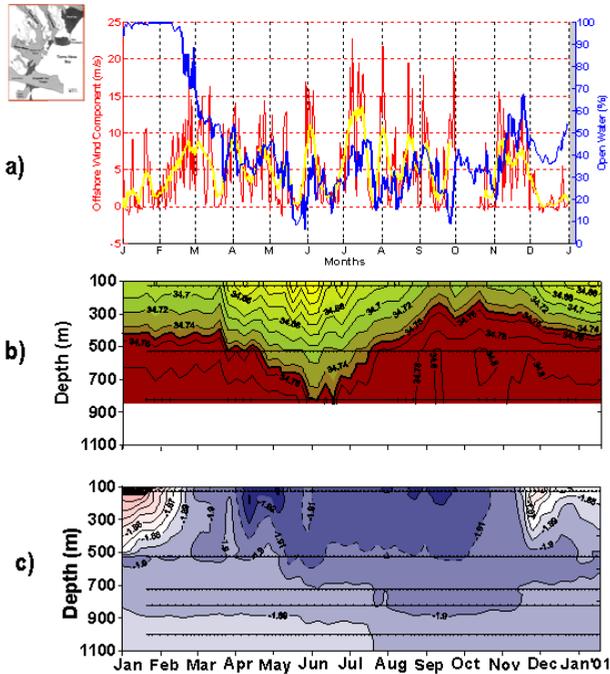


Fig. 22.3.2. (a) Intensità della componente off-shore del vento (in rosso i valori giornalieri, in giallo i valori filtrati con passabasso) misurata dalla stazione meteorologica Eneide ( $74^{\circ}41'S$ ;  $164^{\circ}05'E$ ) e ampiezza della *polynya* (linea blu) determinata con misure telerilevate SSM/I (Sea-ice remote sensed data); (b) variabilità della salinità e (c) delle temperatura nella colonna d'acqua per l'anno 2000 (da Budillon et al., 2009)

Un ulteriore obiettivo è stato lo studio dei flussi di particelle verso i sedimenti profondi, in particolare con lo scopo di ottenere stime qualitative sui tassi di sedimentazione delle componenti organica ed inorganica. Si è cercato inoltre di discriminare il flusso verticale effettivo dall'apporto laterale derivante dai processi di mobilizzazione di sedimento utilizzando una trappola per sedimento "orizzontale". Sono stati quindi correlati i flussi verticali alla velocità della corrente alla concentrazione del particolato utilizzando la torbidità per verificare gli effetti delle HSSW sul sedimento di fondo. Le serie temporali acquisite dalla strumentazione installata sul mooring vengono integrate nel periodo estivo con misure nella colonna d'acqua di nutrienti, particolato, traccianti (CFC), ossigeno disciolto, alcalinità totale, carbonio inorganico (o pH).

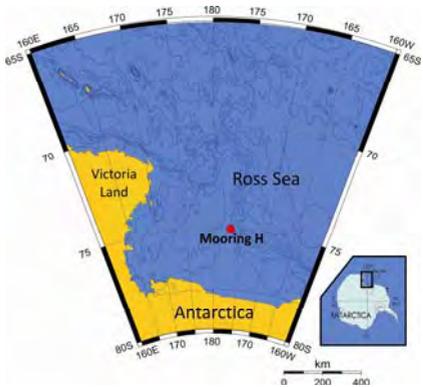
## 22.4. Mooring H

*G. Budillon, G. Spezie, S. Aliani, M. Capello, P. Castagno, R. Meloni, E. Paschini, S. Tucci.*

*Sigla:* IT17-004-M

*Persone di riferimento:* G. Budillon, G. Spezie, Univ. di Napoli Parthenope, [giorgeo.budillon@uniparthenope.it](mailto:giorgeo.budillon@uniparthenope.it), [giancarlo.spezie@uniparthenope.it](mailto:giancarlo.spezie@uniparthenope.it)

*Enti coinvolti:* Univ. di Napoli Parthenope, Univ. di Genova, CNR - ISMAR



### Mooring H

Mare di Ross centrale

Lat. -75,961583 Lon. 177,3063162

Profondità delle acque: 615 m

Estensione: Mooring lungo 315 m

Fig. 22.4.1. Posizione del mooring H

Questo sito, operativo dal 1994 al 2008, è stato costituito da 3 mooring posizionati in tempi diversi in aree adiacenti. Il mooring H1 è sta-

to posizionato sulla piattaforma continentale nel centro del bacino del Glomar Challenger, i mooring H2 e H3 sono stati posizionati in prossimità della scarpata. Il principale obiettivo di questo sito è stato quello di monitorare le acque dense di piattaforma, prevalentemente *Ice Shelf Water* (ISW) che fluiscono verso nord. Queste acque sono implicate nella formazione della *Antarctic Bottom Water* (AABW) che sprofondando lungo la scarpata continentale, alimenta il bacino profondo dell'Oceano Meridionale e ventila parte delle acque coinvolte nella circolazione dell'oceano globale.

L'analisi delle serie temporali delle caratteristiche termoaline delle acque dense di piattaforma registrate in questo sito ha evidenziato sia un riscaldamento di circa  $0,04\text{ }^{\circ}\text{C}$  in circa 10 anni sia una diminuzione di salinità di circa  $0,04$ , è in accordo con altri studi effettuati nel Mare di Ross. Queste acque risultano comunque modulate da una segnale stagionale evidenziando i valori massimo in marzo-aprile e minimo in agosto-ottobre.

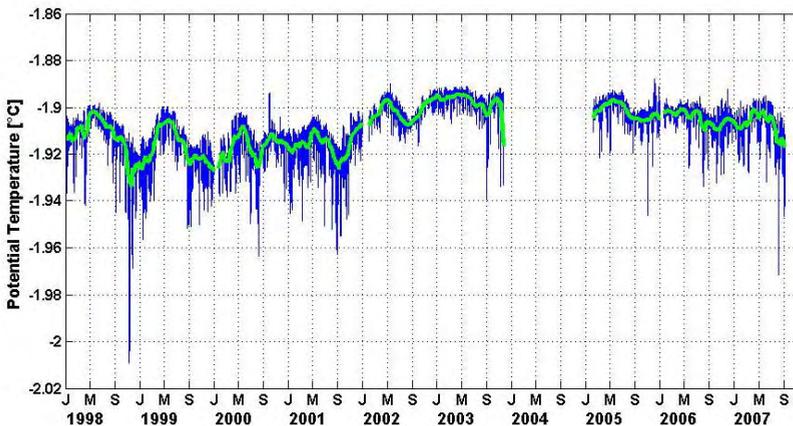


Fig. 22.4.2. Temperatura misurata a circa 10 m dal fondo sul mooring H. Linea verde: segnale di temperatura filtrato (media mobile con finestra di 15 giorni)

Le ricerche hanno inoltre messo in evidenza come i fenomeni di fuoriuscita delle acque dense siano fortemente dipendenti dalle fasi mareali che ne modulano il segnale con periodi giornalieri e bisettimanali. Un ulteriore obiettivo è stato lo studio della dinamica dei flussi di particelle verso i sedimenti profondi, in particolare con lo scopo di ottenere stime quantitative sui tassi di sedimentazione delle compo-

nenti organica ed inorganica in ambiente di scarpata. Sono state posizionate trappole a varie profondità per discriminare il flusso verticale legato alle differenti masse d'acqua. È stato investigato il ruolo che le AABW, determinando un ambiente fortemente dinamico in prossimità del fondale, rivestono nei processi di sedimentazione.

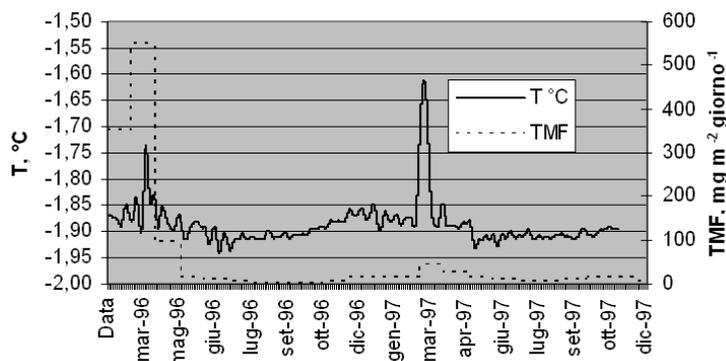


Fig. 22.4.3. Flusso totale di massa (TMF) nella trappola superficiale (180 m) e temperatura a 141 m

## 22.5. Baia Terra Nova (BTN)

*P. Povero, R. Cattaneo-Vietti, M.C. Chiantore, M. Castellano, O. Mangoni, V. Saggiomo, S. Schiaparelli, M. Vacchi.*

*Sigla:* IT17-005-M

*Status di protezione:* Antarctic Specially Protected Area (ASP n. 161)

*Persone di riferimento:* P. Povero, DIP.TE.RIS., Univ. degli Studi di Genova, povero@unige.it

*Enti coinvolti:* Univ. degli Studi di Genova, Univ. di Napoli Parthenope

L'Italia è presente in Antartide dal 1985 con la base di ricerca *Mario Zucchelli* a Baia Terra Nova (Fig. 22.5.1). L'area, prossima alla base localizzata tra il ghiacciaio Campbell e Cape Russell lungo la Terra Vittoria (Mare di Ross), è caratterizzata da una falesia di 9 km di lunghezza. Ospita comunità bentoniche di notevole ricchezza specifica e, durante il periodo estivo, è una delle poche aree costiere deglacciate in tutto il Mare di Ross. Baia Terra Nova rappresenta quindi una

zona ideale per lo studio delle caratteristiche ambientali marine costiere in Antartide.

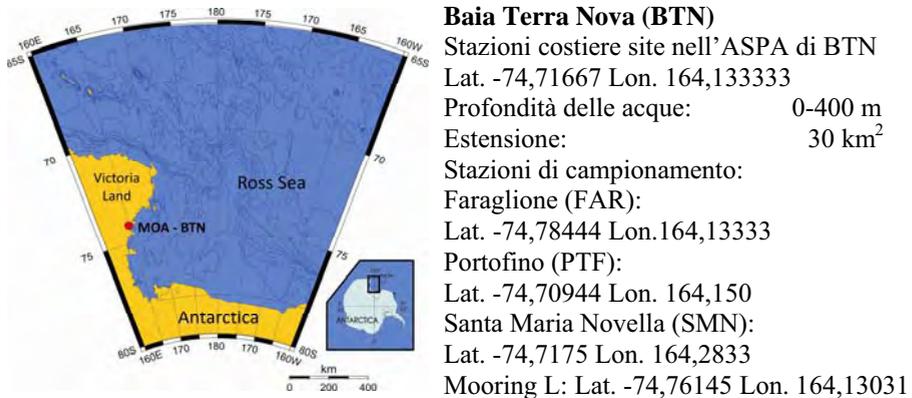


Fig. 22.5.1. Baia Terra Nova (BTN)

Dal 2004 le zone del macrosito lungo la costa a sud della Base hanno ottenuto lo status di Antarctic Specially Protected Area, (ASPА n.161). Scopo dell'ASPА è proteggere un ambiente marino litorale che mostra caratteristiche ecologiche peculiari e di grande interesse scientifico. A Baia Terra Nova si raccolgono serie storiche di dati ambientali marini dal 1987 nell'ambito di vari progetti ecologici nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA). Le ricerche ecologiche attualmente in atto sono volte a proseguire lo studio della struttura e dinamica delle principali variabili fisiche, chimiche e biologiche lungo la colonna d'acqua (Fig. 22.5.2). Sono attive ricerche sulle comunità bentoniche ed ittiche (Fig. 22.5.3).

Particolare attenzione viene posta all'evoluzione del comparto pelagico e bentonico in relazione alle diverse dinamiche del pack. I risultati ottenuti costituiscono una base utile e necessaria, anche alla luce delle problematiche collegate al *Global Change*, per la comprensione dei fenomeni in atto e per previsioni a breve e medio termine.

L'accesso ai dati storici è libero per quanto già pubblicato, citando la fonte. L'accesso a quanto non pubblicato va concordato con gli Enti che hanno finanziato e/o eseguito la raccolta di dati. L'accesso alle strutture disponibili (imbarcazioni, sistemi di campionamento, laboratori, ecc.) è possibile nell'ambito di progetti del PNRA.

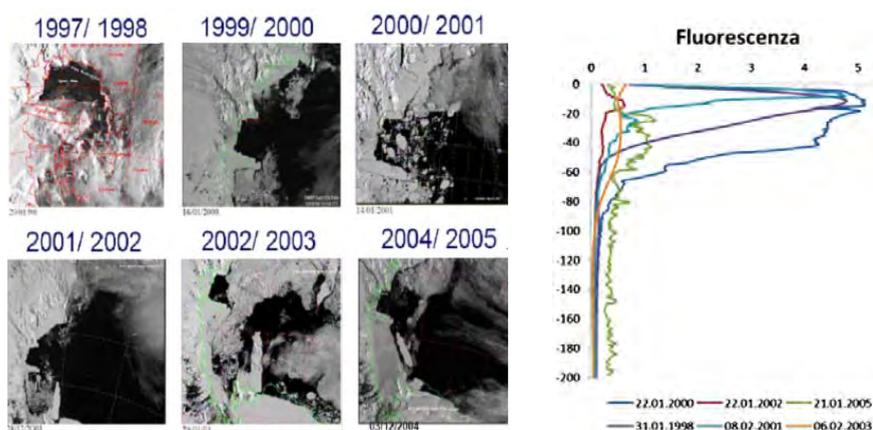


Fig. 22.5.2. Evoluzione pluriennale della copertura del ghiaccio marino ([www.climantartide.it](http://www.climantartide.it)) e della fluorescenza lungo la colonna d'acqua.

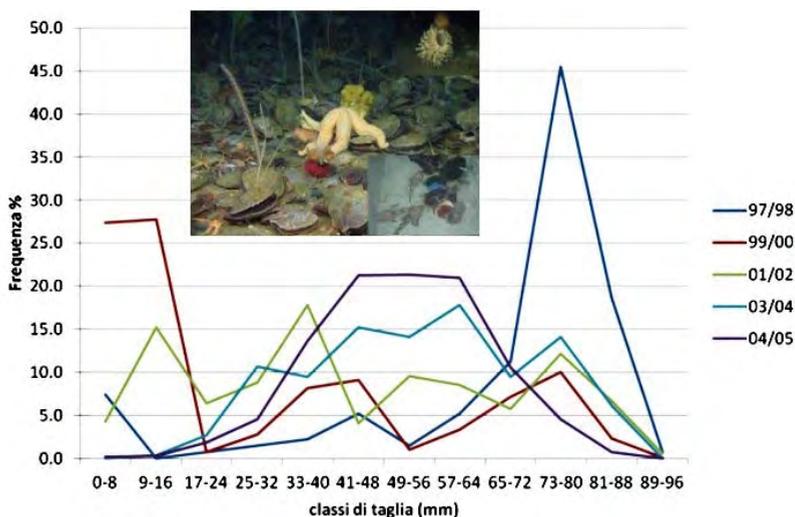


Fig. 22.5.3. BTN: frequenze di taglia nel bivalve *Adamussium colbecki*.

Riferimenti web: [www.pnra.it](http://www.pnra.it); [www.ismar.cnr.it](http://www.ismar.cnr.it); [www.mna.it](http://www.mna.it); [www.ice.macisteweb.com/](http://www.ice.macisteweb.com/); [www.climantartide.it](http://www.climantartide.it)

### Riferimenti bibliografici

Accornero A., C. Manno, Kr. Arrigo, A. Martini & S. Tucci. 2003. The vertical flux of particulate matter in the polynya of Terra Nova Bay: part I. Chemical constituents. *Antarctic Science* 15 (1): 119-132.

- Asioli A. & L. Langone. 1997. Relationship between recent planktic foraminifera and water mass properties in the Western Ross Sea (Antarctica). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 20: 193-198.
- Bergamasco A., V. Defendi, E. Zambianchi & G. Spezie 2002. Evidence of dense water overflow on the Ross Sea Shelf-Break". *Antarctic Science* 14(3): 271-277.
- Budillon G. & G. Spezie. 2000. Thermohaline structure and variability in the Terra Nova Bay polynya, Ross Sea. *Antarctic Science* 12, 4: 493-508.
- Budillon G., E. Salusti & S. Tucci. 2006. The evolution of density currents and nepheloid bottom layers in the Ross Sea (Antarctica). *Journal of Marine Research*, 64(4): 517-540
- Budillon G., G. Castagno, S. Aliani, G. Spezie & L. Padman 2011. Thermohaline variability and Antarctic Bottom Water formation at the Ross Sea shelf break. *Deep Sea Research I*, 58: 1002-1018.
- Budillon G., G. Fusco, E. Rusciano & G. Spezie. 2009. Terra Nova Bay polynya: a small coastal area affecting basin scale oceanic conditions. *Proceedings of OceanObs, Venezia 2009*: 1-8.
- Budillon G., M. Pacciaroni, S. Cozzi, P. Rivaro, G. Catalano, C. Ianni & C. Cantoni 2003. An optimum Multiparameter mixing analysis of the shelf waters in the Ross Sea. *Antarctic Science* 15, 1: 105-118.
- Budillon G., S. Gremes Cordero & E. Salusti. 2002. On the Dense Water Spreading off the Ross Sea shelf (Southern Ocean). *Journal of Marine Systems* 35: 207-227.
- Capello M., G. Budillon, M. Ferrari & S. Tucci. 2004. Suspended matter variability in relation to water masses in Terra Nova Bay (Ross Sea—Antarctica). *Chemistry and Ecology*. ISSN 0275-7540, Vol. 20 (Supplement 1): S7–S18.
- Catalano G., Budillon, La Ferla, P. Povero, M. Ravaioli, V. Saggiomo, A. Accornero, M. Azzaro, G.C. Carrada, F. Giglio, L. Langone, O. Mangoni, C. Misic & M. Modigh. 2009. The Ross Sea. In: “Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis”, Part II. Kon-Kee Liu, L. Atkinson, R. Quiñones & L. Talaue-McManus (Editors), *Regional synthesis*, Book Proposal for Springer Verlag, *Global Change: The IGBP Series*: 304-318.
- Chiantore M., R. Cattaneo-Vietti, P. Povero & G. Albertelli 2000. The population structure and ecology of the antarctic scallop *Adamussium colbecki* in Terra Nova Bay. In: *Ross Sea Ecology: Italian Antarctic Expeditions (1986-1995)* F.M. Faranda, L. Guglielmo, A. Ianora (eds.), Springer Heid. 41: 563-573
- Dunbar R.B., A.R. Leventer & D.A. Mucciarone. 1998. Water column sediment fluxes in the Ross Sea, Antarctica: Atmospheric and sea-ice forcing. *J. Geophys. Res.* 103, 30: 741-30,759.
- Fonda Umani S., A. Accornero, G. Budillon, M. Capello, S. Tucci, M. Cabrini, P. Del Negro, M. Monti & C. De Vittor. 2002. Particulate matter and plankton dynamics in the Ross Sea polynya of Terra Nova Bay during the austral summer 1997/98. *Journal of Marine Systems*, 36/1-2: 29-49.
- Frignani M., F. Giglio, A. Accornero, L. Langone & M. Ravaioli. 2003. Sediment characteristics at selected sites of the Ross Sea continental shelf: does the

- sedimentary record reflect water column fluxes? *Antarctic Science* 15(01):133-139.
- Frignani M., F. Giglio, L. Langone & M. Ravaioli. 1998. Late-Pleistocene-Holocene sedimentary fluxes of organic carbon and biogenic silica in the Northwestern Ross Sea (Antarctica). *Journal of Glaciology* 27: 697-703.
- Fusco G., G. Budillon & G. Spezie 2009. Surface heat fluxes and thermohaline variability in the Ross Sea and in Terra Nova Bay polynya. *Continental Shelf Research*, 29: 1887-1895.
- Guglielmo L., G.C. Carrada, G. Catalano, A. Dell'Anno, M- Fabiano, L. Lazzara, O. Mangoni, A. Pusceddu & V. Saggiomo. 2000. Structural and functional properties of sympagic communities in the annual sea ice at Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Polar Biology*, 23 (2): 137-146
- Langone L., M. Frignani, J.K. Cochran & M. Ravaioli. 1997. Scavenging processes and export fluxes close to a retreating seasonal ice margin (Ross Sea, Antarctica). *Water, Air and Soil Pollution* 99: 705-715.
- Langone L., M. Frignani, L. Labbrozzi & M. Ravaioli. 1995. Present -day biosiliceous sedimentation in the NW Ross Sea (Antartica). *Journal of Marine Systems* 17: 459-470.
- Langone L., M. Frignani, M. Ravaioli & C. Bianchi. 2000. Particle fluxes and biogeochemical processes in an area influenced by seasonal retreat of the ice margin (northwestern Ross Sea, Antarctica). *Journal of Marine System* 27: 221-234.
- Langone L., R.B. Dunbar, D.A. Mucciarone, M. Ravaioli, R. Meloni & C.A. Nittrouer. 2003. Rapid sinking of biogenic material during the late austral summer in the Ross Sea, Antarctica. In: *Biogeochemistry of the Ross Sea, Antarctic Research Series* 78: 221-234.
- Misic C., M. Castellano, N. Ruggieri & P. Povero. 2006. Dissolved organic matter characterisation and temporal trends in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 70: 405-414
- Povero P., M. Castellano, N. Ruggieri, S.L. Monticelli, V. Saggiomo, M. Chiantore, M. Guidetti & R. Cattaneo-Vietti. 2006. Water column features and their relationship with sediments and benthic communities along the Victoria Land coast, Ross Sea, summer 2004. *Antarctic Science* 18(4): 603-613
- Ravaioli M., M. Frignani, M.G. Gambi, L. Labbrozzi & L. Langone. 1997. Particle fluxes and sediment characteristics at three sites in the Ross Sea (Antarctica). In "The Oceanography of the Ross Sea - Antarctica". Springer-Verlag. GMR Manzella and G. Spezie Editors: 209-222.
- Rivaro P., A. Bergamasco, G. Budillon, R. Frache, R. Hohmann, S. Massolo & G. Spezie. 2004. Chlorofluorocarbon distribution in the Ross Sea water masses. *Chemistry and Ecology* 20 (1): 1-13
- Vacchi M., M. La Mesa, M. Dalù & J. MacDonald. 2004. Early life stages in the life cycle of Antarctic silverfish, *Pleuragramma antarcticum* in Terra Nova Bay, Ross Sea. *Antarctic Science* 16 (3): 299-305

## Riconoscimenti

L'attività di ricerca dei siti della rete LTER-Italia è stata ed è possibile grazie all'uso consapevole e correttamente indirizzato delle risorse finanziarie di progetti di ricerca delle ricercatrici e dei ricercatori impegnati nei siti e/o rese disponibili principalmente dagli Enti responsabili dei siti LTER:

ARPA Lombardia, Dipartimento di Lecco

ARPA Valle d'Aosta

CFS - CNBFVR Centro Nazionale Biodiversità Forestale "Bosco Fontana", Marmirolo (MN)

CNR IAMC, Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Taranto,

CNR IBIMET, Istituto di Biometeorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Firenze

CNR IREA, Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, Milano

CNR ISAFOM, Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, Rende (CS)

CNR IBAF Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale, Monterotondo Scalo (RM)

CNR ISE, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania

CNR ISMAR, Istituto di Scienze Marine, sedi di Trieste, Venezia, Bologna, Ancona

Corpo Forestale dello Stato (CFS), Ispettorato Generale., Div. 6a

Dipartimento Azienda Regionale Foreste Demaniali - Sicilia.

ERSAF, Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste, Regione Lombardia

IASMA - FEM, Istituto Agrario S. Michele all'Adige - Fondazione E. Mach, S. Michele all'Adige, Trento

Laboratorio Biologico e Ambiente dell'Agenzia Ambiente della Provincia di Bolzano

OGS, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Trieste

Parco Naturale Mont Avic, Valle d'Aosta

Parco Naturale di Paneveggio – Pale San Martino

Provincia Autonoma di Bolzano

Provincia Autonoma di Trento, Servizio foreste e fauna  
Servizio Tenute e Giardini Tenuta di Castelporziano, Roma,  
Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli  
Univ. degli Studi di Camerino, Scuola di Scienze Ambientali  
Univ. degli Studi del Molise, Dip. Scienze e Tecnologie dell'Ambiente e del Territorio  
Univ. degli Studi di Ferrara.  
Univ. degli Studi di Genova, DIP.TE.RIS  
Univ. degli Studi di Napoli Parthenope  
Univ. degli Studi di Parma Dip. di Scienze Ambientali,  
Univ. degli Studi di Perugia, Dip. di Biologia Cellulare e Ambientale  
Univ. degli Studi Roma Tre, Dip. di Biologia Ambientale  
Univ. degli Studi di Sassari, Dip. di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche  
Univ. degli Studi di Torino, DIVAPRA - Chimica Agraria e Pedologia - LNSA, NatRisk, Dip. AGROSELVITER, Grugliasco (TO)

L'adesione della rete LTER italiana alle reti internazionali ILTER-International e LTER-Europe è possibile grazie al supporto finanziario del Dipartimento Terra e Ambiente del Consiglio Nazionale delle Ricerche. La partecipazione della rete LTER-Italia all'iniziativa LIFEWATCH è possibile grazie al Dipartimento di Scienze della Vita del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Molte società scientifiche nazionali (AIOL, SitE, SIB, SIBM, SISEF) hanno sostenuto la nascita della rete e hanno ospitato presentazioni della rete o sessioni dedicate a tematiche LTER nei loro congressi.

LTER Italia, come rete o attraverso i suoi siti, è coinvolta in reti e iniziative europee e globali quali:

ALTER-Net (A Long-Term Biodiversity, Ecosystem and Awareness Research Network), FluxNet (Integrating Worldwide CO<sub>2</sub>, Water and Energy Flux Measurements), GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments), GMBA (Global Mountain Biodiversity Assessment), GMES (Global Monitoring for Environment and Security), ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), ICP IM (International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems), LIFEWATCH, Rete Natura 2000, SEIS (Shared Environmental Information System).

versione pdf del  
29 marzo 2012.

