TUTELA AMBIENTALE DEL LAGO TRASIMENO

ARPA umbria
agenzia regionale per la protezione ambientale

Libri/Arpa Umbria

ARPA umbria
agenzia regionale per la protezione ambientale

Arpa Umbria
Agenzia Regionale
per la Protezione Ambientale
Via Pievaiola (San Sisto) - 06132 Perugia
tel. 075 515961 - fax 075 51596235
www.arpa.umbria.it
arpa@arpa.umbria.it

Libri Arpa Umbria

Direttore scientifico
Giancarlo Marchetti

Direttore editoriale
Fabio Mariottini

Cura redazionale
Fabio Mariottini, Markos Charavgis

Traduzioni
Catherine Macpherson

Impaginazione
Emanuele Capponi

Stampa
GESP srl Cerbara (PG)

Stampato su carta Symbol Free Life satin 100 g/mq
Copertina su carta Symbol Free Life satin 270 g/mq
Stampato con inchiostro ecolgico Toyo

Eventuali duplicazioni, anche di parti della pubblicazione,
sono autorizzate a condizione che venga citata la fonte
© Copyright 2012 Arpa Umbria

ISBN 978-88-905920-03

Stampato con il contributo di

CrediUmbria
BANCA DI CREDITO COOPERATIVO
Sede: Moiano - Città della Pieve (Perugia)

Tutela ambientale del lago Trasimeno

a cura di
Angiolo Martinelli

Indice autori

Marco Bartoli - Università degli Studi di Parma
Luca Giorgio Bellucci – ISMAR–CNR Bologna
Mariano Bresciani - CNR–IREA di Milano
Fedra Charavgis - Arpa Umbria
Elisabetta Ciccarelli - Arpa Umbria
Linda Cingolani - Arpa Umbria
Fabrizio Del Bianco – ISMAR-CNR Bologna
Margherita Di Brizio - Arpa Umbria
Walter Dragoni - Università degli Studi di Perugia; CIPLA (Centro Interuniversitario per L'Ambiente) Università di Perugia
Antonia Concetta Elia - Università degli Studi di Perugia
Luca Gasperini – ISMAR-CNR Bologna
Lucia Ghetti – Regione Umbria
Claudia Giardino - CNR–IREA di Milano
Daniela Gigante - Università degli Studi di Perugia
Cecilia Giontella - Università degli Studi di Perugia
Gianluca Lazzerini – Agronomo libero professionista, collaboratore Arpa
Massimo Lorenzoni - Università degli Studi di Perugia
Angiolo Martinelli – Arpa Umbria
Massimo Melillo - Università degli Studi di Perugia
Nicola Morgantini - Arpa Umbria
Tatiana Notargiacomo - Arpa Umbria (ora Arpa Lazio)
Luca Peruzzi - Arpa Umbria
Sonia Renzi - Arpa Umbria
Maria Illuminata Taticchi - Università degli Studi di Perugia
Barbara Todini - Arpa Umbria
Chiara Todini - Università degli Studi di Perugia
Roberto Venanzoni - Università degli Studi di Perugia
Paolo Villa - CNR–IREA di Milano

Revisione

La parte monografica della pubblicazione è stata oggetto di revisione dei contributi secondo le normali procedure di *peer review* adottate dalla riviste scientifiche.
I singoli capitoli predisposti dagli autori sono stati valutati da revisori specialisti degli argomenti trattati secondo una griglia di valutazione; le osservazioni sono state recepite dagli autori e verificate nel testo modificato.
Invio capitoli: novembre 2010-marzo 2011
Revisioni: aprile-luglio 2011
Revisioni accettate: agosto 2011

Elenco dei revisori

Mariano Bresciani - CNR–IREA di Milano
Walter Dragoni - Università degli Studi di Perugia
Daniela Gigante - Università degli Studi di Perugia
Massimo Guidi – IGG – CNR Pisa
Angiolo Martinelli – Arpa Umbria
Giuseppe Morabito – ISE CNR
Mario Mearelli - Ecologo
Lorenzo Tancioni - Università Roma 2 Tor Vergata

Indice

Presentazione 13

Svedo Piccioni, Giorgio Cesari

Premessa 17

Angiolo Martinelli, Giancarlo Marchetti

Introduzione 19

Michela Miletto

PRIMA PARTE / STATO DELLE CONOSCENZE

sintesi / summary 23

I. Eventi e segnali di ieri 25

Angiolo Martinelli

1.1 Premessa 25
1.2 Elementi di inizio secolo 26
1.3 Eventi e valutazioni dal dopoguerra agli anni ’70 27
1.4 Una fase di studio ambientale 31
1.5 Criticità e strategie degli anni ’80 32
1.6 La pianifcazione degli anni ’80 e ’90 37

1.7 La memoria persa di un confronto recente 38
1.8 Il quadro dal 2000 ad oggi 39
Atti di convegni e documenti citati 40
Bibliografia 41

2. Quadro delle conoscenze ambientali pregresse 43

FEDRA CHARAVGIS, ELISABETTA CICCARELLI, LINDA CINGOLANI, MARGHERITA DI BRIZIO, NICOLA MORGANTINI, TATIANA NOTARGIACOMO, SONIA RENZI, BARBARA TODINI

2.1 Premessa 43
2.2 L'idrogeologia del lago Trasimeno 43
2.3 La caratterizzazione chimica delle acque 45
2.4 I sedimenti del lago Trasimeno 48
2.5 Il fitoplancton e lo zooplancton 50
2.6 Le comunità bentoniche 53
2.7 La fauna ittica e l'attività di pesca 55
2.8 Le comunità macrofitiche del lago Trasimeno 59
2.9 Conclusioni 65
Bibliografia 65

3. Bilancio idrico del lago Trasimeno 69

WALTER DRAGONI, MASSIMO MELILLO, CECILIA GIONTELLA

3.1 Introduzione 69
3.2 Variazioni climatiche, attività antropica e assetto del lago Trasimeno: una breve sintesi 74
3.3 Bilancio idrico del lago e del suo bacino 74
3.4 Modellizzazione mensile 78
3.5 Osservazioni finali e conclusioni 82
Bibliografia 83

SECONDA PARTE / ECOLOGIA

sintesi / summary 87

4. Struttura e composizione del popolamento fitoplanctonico del lago Trasimeno negli ultimi cinquanta anni 89

ANTONIA CONCETTA ELIA, CHIARA TODINI, MARGHERITA DI BRIZIO, MARIA ILLUMINATA TATICCHI

4.1 Introduzione 89
4.2 Evoluzione del fitoplancton del lago Trasimeno 90
4.3 Conclusioni 97
Bibliografia 99

5. Prime valutazioni ecologiche sulle macrofite del Trasimeno 100

Gianluca Lazzerini, Barbara Todini, Elisabetta Ciccarelli

5.1. Premessa 100
5.2 Materiali e metodi 101
5.3. Elaborazione dati 102
5.4. Risultati e discussione 103
5.5 Conclusioni 107
Bibliografia 108

6. Il declino della popolazione di *Phragmites australis* al lago Trasimeno 109

Daniela Gigante, Roberto Venanzoni

6.1. Introduzione 109
6.2. Inquadramento della problematica: il fenomeno *die-back* 109
6.3. Analisi condotte al lago Trasimeno 111
6.4. Risultati dello studio 114
6.5. Discussione e possibili interpretazioni del fenomeno 117
Bibliografia 119

TERZA PARTE / SEDIMENTI

sintesi / summary 121

7. Il rilievo geofisico-geologico del lago Trasimeno 123

Luca Gasperini, Luca G. Bellucci, Fabrizio Del Bianco

7.1 Introduzione 123
7.2 Il lago Trasimeno 123
7.3 Metodi 124
7.4 Risultati 125

7.5 Conclusioni 128
Bibliografia 128

8. La distribuzione di metalli, nutrienti e microinquinanti nei sedimenti recenti del lago Trasimeno 129

Nicola Morgantini, Luca Peruzzi

8.1 Premessa 129
8.2 Analisi statistica 131
8.3 Analisi geostatistica 137
8.4 Qualità complessiva del sedimento superficiale 144
8.5 Confronto fra concentrazioni rilevate e standards di qualità 154
8.6 Conclusioni 154
Bibliografia e testi consultati 154

QUARTA PARTE / IL TELERILEVAMENTO APPLICATO ALLO STUDIO DEL LAGO TRASIMENO

sintesi / summary 157

9. Il telerilevamento 159

Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Paolo Villa

9.1 Il telerilevamento 159
9.2 Tecniche di telerilevamento applicate all'indagine ambientale 161
9.3 I parametri acquatici telerilevabili 162
9.4 Approcci quantitativi 164

10. Tecniche di telerilevamento applicato allo studio delle acque del lago Trasimeno 166

Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Paolo Villa

10.1 Introduzione 166
10.2 Le campagne di misure 168
10.3 Il processamento delle immagini 171
10.4 Risultati 171

11. Tecniche di telerilevamento applicato allo studio della vegetazione acquatica del lago Trasimeno 179

Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Paolo Villa

11.1 Introduzione 179

11.2 Vegetazione a canneto 180

11.3 Macrofite acquatiche 185

12. Utilizzo d'immagini ad alta risoluzione spaziale e spettrale per lo studio del lago Trasimeno 189

Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Paolo Villa

12.1 Introduzione 189

12.2 Materiali e metodi 190

12.3 Risultati 192

13. Mappatura del Cambiamento di Copertura/Uso del suolo da telerilevamento 194

Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Paolo Villa

13.1 Introduzione 194

13.2 Materiali e metodi 195

13.3 Risultati 196

13.4 Evoluzione del territorio agricolo 198

Pubblicazioni inerenti il Progetto 200

Bibliografia 201

QUINTA PARTE / SALVAGUARDIA E RECUPERO AMBIENTALE

sintesi / summary 203

14. Gli strumenti di pianificazione e le strategie di salvaguardia da condividere 205

Angiolo Martinelli

14.1 Introduzione 205

14.2 La Provincia ed il progetto di sviluppo sostenibile dell'area del Trasimeno (PSSAT 2004-9) 206

14.3 Gli obiettivi del Piano del Parco e le misure di conservazione dei siti Natura 2000 211
14.4 Piani di settore per la tutela delle acque 218
14.5 Strategie ed elementi da considerare 223
Bibliografia 225

15. Evoluzione della fauna ittica e problematiche gestionali del lago Trasimeno 226

Massimo Lorenzoni, Lucia Ghetti

15.1 Premessa 226
15.2 L'evoluzione della fauna ittica del lago Trasimeno: aspetti qualitativi 227
15.3 L'evoluzione della fauna ittica del lago Trasimeno: aspetti quantitativi 230
15.4 La gestione delle specie alloctone 234
15.5 Ruolo della pesca nella gestione dell'ecosistema lacustre 236
15.6 Conclusioni 237
Bibliografia 239

16. Cambiamenti di stato e funzioni ecosistemiche in ambienti acquatici poco profondi 242

Marco Bartoli

16.1 Il ragionevole ottimismo 242
16.2 Regime shift delle comunità dei produttori primari: cause ed effetti 243
16.3 Il recupero del Trasimeno: un percorso a tappe 247
Bibliografia 249

17. Il recupero ecologico del lago attraverso una gestione ambientale consapevole 250

Angiolo Martinelli

17.1 Pressioni ed elementi di lettura nel tempo 250
17.2 Stato dell'arte, lezioni apprese 259
17.3 Chiavi di lettura per ripensare le pianificazioni o rimodulare gli interventi, proposte per un piano di gestione (WFD-Habitat compliant) 268

17.4 Conclusioni e auspici 273

Bibliografia 274

SESTA PARTE / SINTESI E DATI

18. Priorità e obiettivi ecologici per il recupero sostenibile del Trasimeno / Priorities and ecological objectives for a sustainable restoration of the Lake Trasimeno 279

Angiolo Martinelli

18.1 Stato e criticità / Status and criticity 279

18.2 Obiettivi ecologici / Ecological objectives 284

19. Dati prodotti 288

19.1 Indagine sui sedimenti: dati analitici dei campioni raccolti 2008 288

19.2 Dati chimico-fisici 2008-2010 delle stazioni del lago 298

19.3 Dati Fitoplancton 2010 301

ATTI DEL CONVEGNO

Programma del convegno 308

Saluti delle autorità 311

Interventi 317

Andrea Motti, *Il contesto geologico del lago Trasimeno* 317

Andrea Agapito Ludovici, Francesco Cecere, Rossano Bolpagni, Marco Bartoli, Maria Elena Ferrari, Lorenzo Pizzetti, Stefano Rancati, Simone Ravara, Massimo Salvarani, Mario Toledo, *Evoluzione recente (1980-2009) della riserva naturale Le Bine (CR-MN): sintesi dello stato delle conoscenze ecosistemiche* 323

Aldo Marchetto, *Stato ecologico e condizioni di riferimento dei laghi italiani: problemi aperti per l'area mediterranea* 334

Alessandro Ludovisi, Manuela Rebora, Enzo Goretti, Francesca Scoccia, Silvana Piersanti, Elda Gaino, *L'ecosistema del Trasimeno tra passato e futuro* 337

Tommaso Moramarco, *Introduzione alla sessione "Problematiche del territorio"* 346

Raoul Segatori, *Strategie di gestione delle aree protette della Direttiva Habitat* 348

Guido Morozzi, *Valutazione della qualità dei sedimenti del lago Trasimeno* 352

Giancarlo Mazzasette, *Depurazione e tutela dall'inquinamento diffuso* 359

Maurizio Grandolini, *Incidenza delle attività agro-zootecniche nel bacino del Trasimeno e strategie di sviluppo* 366

Giancarlo Marchetti, *Introduzione alla sessione "Aspetti di gestione Ambientale"* 372

Louis Montagnoli, *Indirizzi di gestione del parco e delle aree di interesse naturalistico del bacino* 373

Gianluca Paggi, *Pianificazione e gestione ambientale nel bacino del Trasimeno* 377

Angelo Viterbo, *La pianificazione e le azioni della Regione Umbria per la salvaguardia del lago Trasimeno* 384

Tavola rotonda 389

Conclusioni 401

Presentazione

Le dinamiche che presiedono la vita del lago Trasimeno sono state studiate, in maniera sistematica, fin dal XV secolo. Nel tempo, e con l'evolversi degli strumenti di analisi, sono state formulate varie ipotesi che, pur mettendo al centro delle ricerche le peculiarità dell'invaso, hanno allargato la conoscenza al bacino e, in particolare, all'intero ecosistema lacustre.

A queste indagini hanno a vario titolo partecipato istituzioni, enti e scienziati provenienti da esperienze diverse, con una profusione di teorie e ipotesi, spesso anche in antitesi tra loro, che hanno prodotto una mole consistente di documentazione, ma, proprio per la separatezza delle progettualità, pochi effetti pratici sulla salute quanto mai instabile del lago Trasimeno. Da questa constatazione è nata la proposta di Arpa di creare, con il Progetto Osservatorio Trasimeno, un luogo dove riunire tutte le conoscenze acquisite negli anni su un ecosistema che rappresenta un tratto identitario dell'Umbria e dell'Italia in genere.

Il convegno, da cui è scaturita questa pubblicazione, si apre con un excursus sugli studi di carattere scientifico/ambientale che a partire dal secolo scorso sono stati effettuati sul lago, ed è interessante notare – anche attraverso brani di alcuni documenti riportati nel volume – come già agli inizi del '900 la questione del Trasimeno fosse strettamente legata sia alla salute dell'ambiente, sia al sistema economico che attorno ad esso si era venuto a creare: agricoltura, allevamento, pesca, ecc... Attraverso i diversi contributi riportati nel libro si può seguire lo sviluppo dei metodi di indagine, l'affinamento delle tecniche conoscitive e, allo stesso tempo, il rapporto tra economia e ambiente che segna fortemente quella fascia di territorio. Come avviene nelle relazioni complesse, quindi, la ricerca scientifica si va ad incrociare con l'analisi storica, urbanistica e sociale, recuperando così la dimensione olistica della questione

ambientale. Nel suo procedere, questa pubblicazione non vuole rappresentare solo un momento di sintesi sul pregresso, ma intende diventare il punto di partenza di una nuova cultura ecologica in grado di coniugare le ragioni dell'ambiente con quelle dello sviluppo economico e sociale.

Svedo Piccioni

Direttore Generale Arpa Umbria

L'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, in attuazione della L. 183/89, ha promosso e redatto il Piano stralcio del lago Trasimeno (noto come PS2), approvato con D.P.C.M. del 19 luglio 2002 e pubblicato nella G.U. n. 203 del 30 agosto 2002.

Il PS2 si qualifica essenzialmente come piano che definisce gli obiettivi strategici dello sviluppo e della tutela del "binomio" lago-bacino drenante, all'interno del quale possono trovare adeguato riferimento tutti gli interventi e i documenti di programmazione tecnico-amministrativa e operativa della Regione Umbria e degli enti locali competenti sul territorio. Alla Regione spetta, comunque, il ruolo centrale di raccordo e integrazione delle azioni degli enti locali attraverso un sistema di atti (piani specifici e regolamenti attuativi) per la cui migliore definizione la Regione stessa promosse (2006) un'attività di recupero/ricognizione della conoscenza pregressa per intgegrarla in una visione ecologica e nella dinamica geologica del sistema lago – bacino drenante, anche attraverso l'uso di nuove tecnologie di osservazione e misura dei fenomeni ambientali.

Tale attività fu proposta dalla Regione Umbria all'Osservatorio ambientale nell'area del lago Trasimeno, istituito con decreto del Segretario Generale del 10 novembre 2004, di cui l'Autorità si era dotata per seguire l'attuazione del PS2 ed eventualmente procedere ad un suo aggiornamento. La proposta consisteva nella "Messa a punto dello stato delle conoscenze ambientali di riferimento nell'area del lago Trasimeno e definizione di un modello concettuale per un piano di gestione".

La proposta, approvata dall'Osservatorio con alcune integrazioni per renderla più aderente ai principi della Direttiva 2000/60/CE nel frattempo recepita dal legislatore nazionale, fu finanziata (2006) in gran parte con i fondi allo scopo destinati dal bilancio dell'Osservatorio e propri dell'Autorità.

La presente pubblicazione raccoglie i termini, i contenuti e i risultati del lavoro di Arpa Umbria cui la Regione affidò il coordinamento tecnico delle operazioni; la sistematizzazione del quadro conoscitivo che ne deriva si configura come il pun-

to di riferimento per tutte le azioni future riguardanti l'area del lago Trasimeno. In particolare ne trarrà beneficio l'aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto dell'Appennino Centrale (previsto entro il 2015) che con l'adozione avvenuta il 24 febbraio 2010, ha fatto propria la tutela ambientale del PS2 rileggendola alla luce degli obiettivi ambientali dei corpi idrici superficiali e sotterranei del Piano regionale di tutela delle acque (2009).

La tutela ambientale dell'area del lago non è, infatti, raggiungibile senza una piena valutazione del contesto, delle relazioni ambientali e dell'idoneità delle azioni di salvaguardia riguardanti le acque lacustri e gli affluenti (area sensibile) e le acque sotterranee (zona vulnerabile da nitrati e fitofarmaci).

Tuttavia il futuro del lago Trasimeno non può scindersi da quello del territorio circostante e non solo per ciò che ruguarda il suo bacino drenante (sia di origine naturale sia di costituzione artificiale). Le vicissitudini idrauliche del lago Trasimeno sono sempre state contraddistinte (vedi al riguardo: Fuschiotto S. "Architettura di un territorio – La bonifica della Val di Chiana Romana dalla Sacra Congregazione delle Acque al Consorzio" edito nel 2007 dal Consorzio di Bonifica della Val di Paglia e della Chiana Romana) da una profonda interazione con aree poste anche al di là dei convenzionali confini idrografici.

Pur ricompreso nel bacino idrografico del fiume Tevere e quindi nel distretto idrografico dell'Appennino Centrale, il lago Trasimeno con il suo bacino drenante ha caratteristiche idrauliche complesse che ne fanno un sistema "isolato" ed isolabile, con una propria specifica strategia di conseguimento degli obiettivi fissati dalla Direttiva 2000/60/CE nel quadro più generale del Piano di Gestione del Distretto dell'Appennino Centrale.

Ing. Giorgio Cesari

Segretario Autorità di Bacino del Fiume Tevere

Premessa

Arpa Umbria ha avviato nel 2008 il progetto "Messa a punto dello stato delle conoscenze ambientali di riferimento dell'area del lago Trasimeno e definizione di un modello concettuale per un piano di gestione", sviluppando indagini e valutazioni secondo il programma condiviso con MATTM, Autorità di Bacino e Regione, con il coinvolgimento di istituzioni, amministrazioni locali, enti di ricerca e associazioni.

Obiettivo del progetto è stato quello di fornire elementi e indirizzi per una armonizzazione e condivisione delle misure di gestione ambientale del lago e del suo comprensorio.

Le attività realizzate sono state indirizzate alla raccolta e integrazione dei dati esistenti, con la ricostruzione dello stato delle conoscenze per le tematiche ambientali principali, alla loro divulgazione, alla valutazione ambientale del sistema lago-comprensorio, all'individuazione delle criticità, dello stato ambientale secondo i nuovi criteri introdotti dalla Direttiva comunitaria acque (DIR 2000/60CE), alla definizione di un modello concettuale ecologico del sistema lago e delle possibili modalità di gestione per il miglioramento complessivo tanto ambientale che di fruibilità del lago e del suo territorio.

Le attività si sono svolte in collaborazione con enti di ricerca, in particolare con IREA-CNR di Milano per valutazioni mediante telerilevamento da satellite, l'Università di Perugia per le componenti biologiche e l'ISMAR-CNR di Bologna per i sedimenti lacuali.

La presente pubblicazione è frutto di tale attività e intende valorizzare i contributi di tutti quanti hanno partecipato o si sono confrontati con il progetto, fornendo un punto di vista scientifico e organico sulle problematiche ambientali del lago che sia al tempo stesso anche facilmente valutabile e utilizzabile da amministrazioni, enti e cittadini.

Lo scambio di opinioni attivato con l'Università di Perugia ha consentito di estendere i contributi scientifici della pubblicazione ad altri aspetti non trattati specificamente dal progetto.

Cogliamo qui l'occasione per ringraziare ricercatori e docenti universitari che hanno mostrato la loro grande disponibilità, nonché i tecnici della Provincia di Perugia, il personale della Coop. Pescatori del Trasimeno, tutte le istituzioni e i cittadini che ci hanno aiutato nello svolgimento delle indagini sul campo e delle altre attività di studio, documentazione e divulgazione.

Le opinioni e valutazioni espresse nei vari capitoli dagli autori possono essere divergenti tra di loro e non rappresentare necessariamente il punto di vista di Arpa.

Dott. Angiolo Martinelli,
Responsabile del progetto

Dott. Giancarlo Marchetti,
Direttore tecnico Arpa Umbria

Elenco partecipanti al Progetto

Arpa Umbria: *Fedra Charavgis, Elisabetta Ciccarelli, Linda Cingolani, Margherita Di Brizio, Nicola Morgantini, Luca Peruzzi, Barbara Todini, Sonia Renzi, Rosalba Padula, Giacomo Bodo, Michele Sbaragli, Tatiana Notargiacomo, Alfio Burchia, Donatella Bartoli, Fabrizio Archinucci, Massimo Covarino, Silvia Cassieri, Mauro De Luca, Luca Falocci, Luca Galli, Maria Grazia Raffa, Federica Rocchi, Eugenia Peirone, Annarita Petrini, Francesco Possanzini, Sandra Quondam Luigi, Claudio Spaccini, Giuliana Taramella, Giovanna Tozzi, Roberto Crea, Giacomo Rapi, Alessandra Santucci, Gino Fossati, Danilo Pelosi.*
IREA CNR *Milano: Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Mauro Musanti, Paolo Villa*
Università di Perugia: *Antonia Concetta Elia, Maria I. Taticchi, Chiara Todini*
ISMAR CNR Bologna: *Luca Gasperini; Luca Giorgio Bellucci*
Collaboratori: *Gianluca Lazzerini, Vito Simone Foresi*

Introduzione

I laghi come principale fonte di acqua dolce

I laghi contengono il maggior volume di acque dolci superficiali (circa 90.000 km^3), 40 volte superiore a quello dei fiumi e torrenti, e circa 7 volte superiore a quello delle paludi.

Le acque dolci del nostro pianeta direttamente utilizzabili dall'uomo sono meno del 2%; di questo totale il, 90% delle acque superficiali è rappresentato dai laghi. Infatti, con i serbatoi idrici artificiali, i laghi coprono circa 2,7 milioni di km^2, cioè circa il 2% della superficie terrestre al di fuori della regione polare.

Sono circa 300 milioni i laghi presenti sulla superficie terrestre, in generale di piccole o medie dimensioni. Solo 195 sono di grandi dimensioni, ma contengono più del 95% dell'acqua di tutti i laghi del pianeta. Il lago Baikal (Federazione Russa), il più grande lago al mondo, il più profondo ed antico, da solo ne contiene circa il 27%.

I valori e le proprietà uniche dei laghi

Poiché la disponibilità di acqua pro capite su scala mondiale sta diminuendo, mantenere le riserve d'acqua dolce presenti è fondamentale per il futuro del mondo; i bacini idrografici rappresentano l'ubicazione naturale ideale per una maggiore raccolta d'acqua.

I laghi e le riserve artificiali d'acqua sono fondamentali per l'uso potabile, l'irrigazione, la navigazione e la pesca, il turismo e le attività ricreative e possono rappresentare valori storici, religiosi ed estetici.

La Commissione Internazionale per l'Ambiente Lacustre (ILEC) nelle sue ricerche sulla gestione dei laghi e delle riserve idriche per un loro uso sostenibile, afferma che questi sistemi idrici possiedono una serie di caratteristiche uniche che devono essere prese in considerazione per una loro efficace gestione.

Contrariamente ai fiumi, i laghi e le riserve di acqua dolce hanno tempi di residenza dell'acqua molto lunghi. Essi rispondono lentamente a improvvise ed intense immissioni d'acqua esterne e, in virtù dei loro ampi volumi, rimangono relativamente

stabili di fronte alle variazioni dei flussi d'acqua di breve durata. Sono quindi in grado di assorbire acque inquinate e provenienti da alluvioni senza presentare immediati cambiamenti.

Questa stabilità di lungo periodo ha permesso l'evoluzione di ecosistemi spesso unici e complessi, come si è verificato per esempio per il lago Malawi/Nyasa, con lo sviluppo di oltre 500 specie endemiche di pesci a causa di un isolamento durato milioni di anni associato ad una selezione naturale. D'altra parte, i lunghi tempi di residenza delle acque comportano per i laghi, se in via di degrado, altrettanti tempi molto lunghi per il recupero; ciò significa che la reversibilità del degrado può essere difficile, costosa, e comportare ritardi nella risposta da parte degli ecosistemi che hanno scale temporali diverse rispetto agli interventi adottati nella gestione del problema. I laghi agiscono come una sorta di contenitore per l'acqua e per il materiale immesso da altre fonti; la miscela di queste immissioni esterne con l'acqua del lago comporta la diffusione di problemi ad essi associati in tutto il volume del lago. Non è quindi possibile che i materiali inquinanti immessi nel lago minaccino una sola porzione di lago, ma al contrario, i problemi legati ad una sola parte del lago saranno destinati a diffondersi in tutto il sistema.

Un'altra proprietà unica dei bacini lacustri è la dinamica di risposta molto complessa agli input esterni. Contrariamente ai fiumi, i laghi non rispondono ai cambiamenti in modo lineare, ma in modo fortemente non lineare. Un esempio è il fenomeno di isteresi associato ad un aumento di concentrazione dei nutrienti, le cui conseguenze non sono evidenti fino a quando la concentrazione non raggiunge livelli molto elevati; solo allora il lago presenterà un brusco cambiamento del suo stato trofico. Ugualmente problematico, in particolare dalla prospettiva degli interventi di gestione, può essere un lago arricchito di nutrienti che può mostrare una condizione di degrado anche dopo l'intervento di azioni correttive, fino a quando non viene completamente depurato o disinfestato della maggior parte dei nutrienti presenti nei suoi sedimenti.

Il cambiamento climatico e i bacini lacustri

I laghi svolgono una funzione importante nella mitigazione del clima e nelle misure di adattamento al cambio climatico, in particolare nella gestione delle inondazioni e delle siccità, in quanto permettono di raccogliere l'acqua nei mesi più piovosi dell'anno e di utilizzarla nei periodi di siccità. I cambiamenti climatici, possono però causare variazioni nell'equilibrio dei bacini lacustri. Temperature più elevate, cambiamenti nel regime delle precipitazioni e nei venti regionali, associati a cambiamenti climatici sono inclini ad alterare la stratificazione termica dei laghi e dei serbatoi idrici artificiali. Temperature più elevate della norma accrescono la stabilità termica e alterano i modelli di miscelazione nei laghi, a causa della riduzione della concentrazione di ossigeno e dell'aumento del fosforo emanato dai sedimenti. Le simulazioni evidenziano che i laghi nelle zone sub-tropicali (latitudine compresa tra 30°e 50°) e sub-polari (latitudine compresa tra 65° e 80°) sono soggetti a maggiori cambiamenti nei modelli di stratificazione termica rispetto a quelli delle zone a medie latitudini o equatoriali, e che nelle zone sub-tropicali i laghi ad alta profondità sono più sensibili rispetto a quelli poco profondi.

Le simulazioni, inoltre, mostrano che la stratificazione invernale nelle regioni a basse temperature potrebbe essere indebolita e che le zone anossiche potrebbero scomparire. Il maggiore aumento della temperatura dell'acqua è previsto nei laghi

dove la durata della copertura dei ghiacci verrà sostanzialmente ridotta. In aggiunta, le simulazioni mostrano il verificarsi di uno spostamento di più di 10° verso nord dei confini delle aree senza ghiacci perenni dell'emisfero settentrionale. Le osservazioni svolte durante la siccità nella regione boreale dell'Ontario Nord-occidentale, in Canada, mostrano che afflussi minori e temperature maggiori producono l'approfondimento del termo clima. I cambiamenti nella velocità e nella direzione dei venti, che contribuiscono ai modelli di miscelamento e stratificazione termica dei laghi e dei serbatoi idrici, possono alterare il ciclo delle biomasse nei laghi.

Eventi di precipitazioni intense conducono ad una maggiore erosione fluviale e ad un aumento della torbidità nei laghi e delle riserve idriche artificiali. I periodi più lunghi di produzione delle coltivazioni, legati al riscaldamento globale, aumentano la durata media delle attività agricole, con conseguente maggiore apporto di nutrienti provenienti dalle aree agricole circostanti alle riserve d'acqua.

Tutti questi processi intensificano l'eutrofizzazione, un problema comune dei bacini lacustri di tutto il mondo, e un serio pericolo per le attività umane (acqua potabile, acquacoltura, attività ricreative) e per il funzionamento dell'ecosistema.

Inoltre, l'abbassamento generale dei livelli dei laghi, dovuto a un diminuito apporto della ricarica o a sovra-sfruttamento della risorsa, può causare danni alla qualità dell'acqua. In tali situazioni, infatti, le riserve idriche diventano più torbide a causa della sospensione dei sedimenti del fondo, e la riduzione d` acqua aumenta la concentrazione di inquinanti nelle risorse idriche.

La governance integrata dei bacini lacustri

Come evidenziato dal Terzo Rapporto delle Nazioni Unite sullo Sviluppo delle Risorse Idriche mondiali, "*L'Acqua in un Mondo che cambia*" pubblicato dal Centro UNESCO per la Valutazione Globale delle Acque, l'esperienza internazionale rispetto alla gestione dei laghi comprende un'ampia varietà di lezioni, in particolare riguardo alle questioni legate alla governance integrata dei bacini lacustri. Queste includono l'importanza di adottare una gestione che coinvolga l'intero bacino idrografico e non solo il perimetro del lago. Il lago Aral, in Asia centrale, è un chiaro esempio di mancanza di gestione a scala di bacino e di previsione dell'impatto, che ha dato come conseguenza la riduzione considerevole del lago.

Anche in ambito transfrontaliero, nella gestione le barriere poste dai confini geografici devono essere superate: un'efficiente gestione dei bacini lacustri richiede di affrontare ed integrare le problematiche transfrontaliere, sia dal punto di vista geografico che legale.

Il successo di una buona gestione dei bacini lacustri dipende moltissimo dal coinvolgimento degli *stakeholders*; infatti, la causa del degrado di molti ecosistemi lacustri e dei bacini idrici è largamente prodotta da un loro utilizzo non sostenibile; la sostenibilità di questi sistemi idrici richiede che gli *stakeholders* comprendano e riconoscano i rispettivi ruoli nelle cause di tali problematiche e nell'elaborazione delle soluzioni.

Occorre un impegno a lungo termine poiché i laghi prevedono tempi molto lunghi di deposito e dinamiche di risposta complesse; infatti, gli esiti positivi a seguito di interventi di gestione non sono quasi mai immediati. Il monitoraggio è un'attività di fondamentale importanza, poiché i dati ricavati dai monitoraggi a lungo termine possono essere la base per una migliore comprensione delle questioni relative ai bacini lacustri e rappresentare una componente essenziale negli interventi di gestione dei bacini.

Il degrado dei laghi nel mondo rappresenta un serio problema legato alle risorse idriche e le principali cause derivano dalle attività umane che si svolgono all'interno del bacino idrografico. Per questo un'efficace gestione dei laghi è essenziale ed implica che questi vengano considerati parte integrante nella gestione delle risorse idriche di un territorio. La gestione dei bacini lacustri è un processo in continuo sviluppo ed è composto da più fasi che dovrebbero essere strettamente coordinate fra loro, anche se attualmente molti interventi di gestione ancora si presentano in modo isolato.

Il terzo Rapporto delle Nazioni Unite sullo Sviluppo delle Risorse Idriche Mondiali, così come le precedenti edizioni, riconosce l'importanza del ruolo dei laghi e delle riserve idriche nel rispondere alle necessità d'acqua dell'umanità, sia per la sopravvivenza che per gli obiettivi di sviluppo, così come la necessità di proteggere e mantenere gli ecosistemi che forniscono servizi a sostegno della vita. Il Rapporto, inoltre, riconosce l'impegno della Commissione Internazionale per l'Ambiente Lacustre (ILEC) per una gestione integrata efficiente dei bacini lacustri.

"… se saremo in grado di utilizzare i laghi in maniera sostenibile e responsabile, aumenterà la speranza di trovare soluzioni che soddisfino i bisogni degli esseri umani e degli ecosistemi che dipendono dalle risorse d'acqua dolce, fonte di vita."

Dott.ssa Michela Miletto
Vice Coordinatore del Programma delle Nazioni Unite
per la Valutazione delle Risorse Idriche Mondiali
United Nations World Water Assessment Programme
(UN WWAP), UNESCO

Prima parte

Stato delle conoscenze

Sintesi

L'impostazione del progetto di ricerca sul Trasimeno avviato nel 2008, ha evidenziato la necessità di dare priorità agli aspetti e alle problematiche ambientali e in particolare alle componenti biologiche ed ecologiche.

Questo ha comunque reso necessaria la ricostruzione del quadro delle conoscenze in forma più ampia di tutto quanto direttamente o indirettamente collegato alle acque del lago.

Si parte dallo stato dell'arte sullo stato di avanzamento della ricerca scientifica per gli aspetti più specificamente connessi alla valutazione dello stato ecologico ed ambientale delle acque lacustri, fino all'evoluzione delle specifiche componenti biotiche e non del sistema lago-territorio, alla percezione del problema da parte di tutti i soggetti, individuali, collettivi, pubblici o privati, coinvolti.

Il quadro del confronto avvenuto dagli anni sessanta ad oggi tra le amministrazioni, i cittadini, il mondo della ricerca, è riproposto attraverso i punti salienti emersi dagli atti di incontri avvenuti ed opportunamente documentati.

Da evidenziare che già 40 anni fa alcuni amministratori rilevavano l'importanza della tutela ecologica del sistema lago e notavano, col senno di poi, che alcune dichiarazioni e progetti non si erano rivelati utili.

Summary

When the research project on Lake Trasimeno was set up in 2008, it became obvious that it was necessary to focus on environmental problems and features, particularly biological and ecological factors.

This however meant painting a more complete and recent picture of all aspects connected directly or indirectly to the lake's waters.

An updated view was needed, of the progress made in scientific research related specifically to evaluating the ecological and environmental conditions of lake water, of the evolution of the lake's specific characteristics, biotic and abiotic, and of the perception of the problem among the individuals or groups, private or public, involved.

An overview of the work carried out from the sixties to the present day by local government, citizens and researchers, is to be found in the key points taken from the acts of the meetings which took place and were duly documented.

It should be noted that already 40 years ago some administrators underlined the importance of protecting the ecology of the lake system, noting with hindsight that certain past affirmations and projects had not been useful.

Documentation arising from the Project work has been catalogued and

I documenti acquisiti nell'ambito del Progetto sono stati catalogati e per alcuni dei più significativi organizzati in schede riassuntive tematiche consultabili sul sito Arpa Umbria www.arpa.umbria.it, Progetto Osservatorio Trasimeno.

Dal confronto dei risultati presentati dai vari autori sulle componenti biotiche e abiotiche dalla fine dell'800 ad oggi, si è cercato di ricostruire il percorso evolutivo a cui sono andati incontro gli ecosistemi del lago nel corso degli anni. Gli studi esaminati hanno messo in luce come il Trasimeno abbia subito un progressivo processo di eutrofizzazione e impoverimento delle biocenosi acquatiche, segnalato da mutamenti nelle comunità planctoniche, macrobentoniche, macrofitiche ed ittiche. I fenomeni, tuttora in atto, sembrano provocati dalle oscillazioni del livello idrico e dal progressivo aumento di carichi inquinanti.

La panoramica ambientale si completa con un'analisi delle vicende idrologiche del lago viste alla luce delle variazioni climatiche, delle risorse idriche in gioco, delle recenti crisi idriche, degli usi civili ed irrigui del passato, di oggi e del futuro.

Le quantità di acqua in gioco, definite dal bilancio idrico, evidenziano la criticità del sistema lago di oggi in modo non molto difforme dal passato, con la grossa variabile delle opere di regolazione e di gestione di oggi.

some of the most important has been grouped by topic into synthetic files which can be seen on the Arpa Umbria (Regional Environmental Protection Agency) site www.arpa.umbria.it, under the project Osservatorio Trasimeno.

From a comparison of the data presented by various authors regarding the biotic and abiotic characteristics of the lake from the end of the 19th century till today, an attempt was made to reconstruct the evolution of its ecosystems over the years. The studies examined show how Lake Trasimeno has undergone a gradual process of eutrophication and depletion of the aquatic biocenosis, evident from changes in the planktonic, macro benthic, macrophytic and fish communities. These phenomena, still in progress, seem to be caused by fluctuations in water level and by the progressive increase of pollutant loads.

The environmental overview was completed with an analysis of the evolving state of the lake waters in the light of climatic changes, the quantities of water, the recent water crises, and the use of water, for both civilian and irrigation purposes, in the past, present and future.

The quantity of water present, evaluated by hydric assessment, shows, as it did in the past, when the current lake system is in a critical condition, but the current management and regulation of the waters is an important variant.

1. Eventi e segnali di ieri

Angiolo Martinelli

1.1 Premessa

Ricostruire la storia ambientale del lago in base a dati e pubblicazioni dell'ultimo secolo è importante.

La bibliografia scientifica è ampia, settoriale e diversamente reperibile. Una trattazione di sintesi degli elementi ambientali significativi è presentata nel capitolo successivo.

In questa parte iniziale si vuole recuperare quanto prodotto da eventi pubblici e di confronto tra mondo della ricerca, cittadini e amministrazioni, più rari e meno documentati ed accessibili.

Documenti di non più di 30-40 anni fa sono difficilmente reperibili e scarsamente noti.

Lo stesso problema si ha per i dati di qualità ambientale storici, e in particolare per quelli misurati o rilevati: non esistono archivi o documenti che li riportino in modo sistematico, al contrario, ad esempio, di quelli dei livelli idrici del lago. Segno di una percezione del lago legata solo all'abbondanza di acqua, al formarsi della quale hanno contribuito le recenti crisi periodiche verificatesi.

Non ci si poteva attendere un'attenzione ecologica, né che si ragionasse in termini di valore reale di "servizi ecosistemici" attribuibile ad ambienti umidi e lacustri solo recentemente quantificati anche in termini economici (TEEB, 2010), visti i diversi tentativi ottocenteschi di prosciugare il lago o di quelli di metà novecento di trasformarlo in un bacino di compensazione a fini idroelettrici.

Il lago è stato comunque una risorsa importante per l'economia locale, a prescindere dalle periodiche inondazioni, della siccità o dalla malaria.

È un peccato che sia andato in buona parte perduto il lavoro svolto dagli anni '20 dalla Stazione di Idrobiologia del Trasimeno a Monte del Lago, a causa della mancata sistematica organizzazione ed archiviazione dei dati raccolti e del saccheggio avvenuto nel 1944 durante la seconda guerra mondiale (Moretti, 1958).

Alternanze di periodi siccitosi e di inondazioni sono documentate in epoca storica fin dai romani, evidenziate dai numerosi interventi registrati dalle cro-

nache di allora, e registrati anche nella prima metà del Novecento.

È comunque solo dalla fine della seconda guerra mondiale che l'industrializzazione e la meccanizzazione dell'agricoltura iniziano ad avere un certo impatto sull'instabile equilibrio del lago.

Per questo motivo, e per le cause di forza maggiore sopra richiamate, ci limiteremo a ripercorrere parte del percorso storico delle valutazioni ecologico-ambientali e di confronto tra istituzioni e mondo della ricerca degli ultimi decenni.

La storia recente del lago è caratterizzata da vari periodi peculiari:

- la crisi idrica degli anni '50 con l'avanzamento del canneto e della vegetazione idrofitica nel lago;
- l'ampliamento del bacino ad inizio anni '60 con il recupero dei livelli d'acqua, della produttività ittica ma anche con un maggior apporto solido dagli immissari;
- il crescente impatto agro-zootecnico degli anni 60-80 con il passaggio ad allevamenti industriali di suini e bovini, la crescita degli usi idrici civili, la realizzazione delle reti fognarie e dei depuratori urbani con sfasamenti significativi degli interventi;
- lo sviluppo turistico-balneare del territorio dagli anni '80;
- le crisi idriche degli anni '90 e 2000 e la riduzione dei prelievi dal lago, la regressione dei livelli idrici degli ultimi venti anni, accompagnata dalla crisi della vegetazione perilacuale, canneto in particolare;
- il contenimento degli impatti e le diverse politiche di gestione del problema lago, con la pianificazione e i Programmi operativi introdotti negli anni dalla Provincia di Perugia (1976 - Programma d'interventi straordinari; 1981 - Progetto Lago Trasimeno; 1992, 2006, ecc.), dalla Regione (1986 - Piano di Risanamento delle acque; 2009 - Piano regionale di tutela delle acque) e dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (2002 - Piano stralcio per il lago Trasimeno, 2010 – Piano di Gestione del Distretto idrografico Appennino Centrale).

1.2 Elementi di inizio secolo

Un *excursus* sugli sviluppi della conoscenza ambientale dell'ecosistema lacustre è riportato nel Convegno "*Ecologia dell'Umbria e del lago Trasimeno*" organizzato a Perugia e Monte del Lago dal 19 al 21 aprile 1974 dall'Università degli Studi di Perugia con il contributo degli enti locali (Di Giovanni,1974). In questo lavoro sono riportate le prime notizie sulla biologia del lago, relative alla flora (Ciciconi, 1895), alle specie ittiche (Marinelli, 1912), al plancton (Monti, 1905, 1907) ed al fitoplancton (Marchesoni, 1940). Il lavoro ripercorre anche la creazione della Stazione di Idrobiologia del Trasimeno nel 1922, ad opera del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, affidata al professor Polimanti della cattedra di fisiologia dell'Università (Pasquini, 1924a).

Negli anni '20 i ricercatori universitari cominciano a studiare sistematicamente il lago: Pasquini (1923, 1924b) analizza le popolazioni planctoniche, Bauer (1923) parla di ecologia lacustre e mette in relazione profondità, trasparenza, vegetazione ed effetti del vento, segnalando una ridotta presenza di specie planctoniche, peraltro abbondanti per numero di individui. Altre ricerche interessanti sono quelle di Polimanti (1929, limnologia), Baldi (1932) e Vecchi (1922). Quest'ultimo fornisce le prime notizie sui sedimenti e i suoli del lago.

Sul piano della gestione del bacino il problema è quello delle quantità del-

le acque e la stabilizzazione dei livelli del lago, che gradualmente andavano decrescendo. Questo problema fu affrontato inizialmente dal progetto Pasquali (Pasquali, 1931; Società Acque Riunite Tevere Trasimeno,1930), che prevedeva il collegamento al lago del bacino dell'Alto Tevere. Successivamente si occuparono dello stesso argomento in tanti, dal Consorzio per la Bonifica delle Gronde del Trasimeno (1932) al Consorzio di Bonifica nel 1950: le soluzioni prospettate sono in tutti i casi sempre collegate alla sola questione quantitativa delle acque, eredità del ventennio fascista e delle bonifiche, ma anche delle caratteristiche e competenze degli enti preposti.

1.3 Eventi e valutazioni dal dopoguerra agli anni '70

Con la crisi idrica che porta una grande attenzione sul lago, gli anni cinquanta vedono, attraverso l'istituzione dell'Istituto di Idrobiologia e Pescicoltura all'Università di Perugia, il rilancio della Stazione Idrobiologica del Trasimeno a Monte del Lago.

Moretti (Moretti, 1958), primo direttore dell'Istituto, traccia un quadro ecologico-ambientale; negli stessi anni gli interventi di ampliamento del bacino diventano la soluzione urgente per compensare il deficit idrico del lago, arrivato ai livelli più bassi che si ricordino. Con l'ampliamento, dagli anni '60, il lago riacquista un equilibrio "normale".

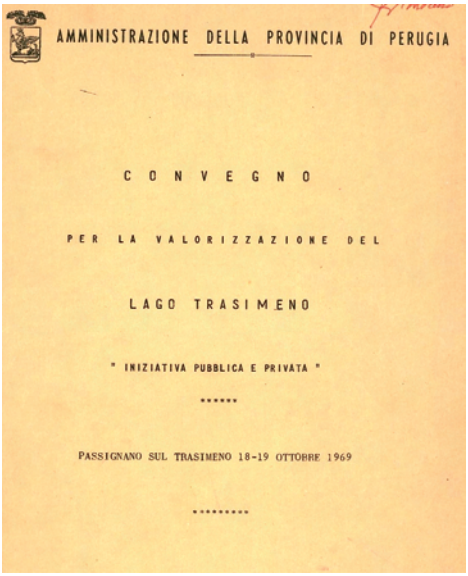
Con lo sviluppo economico e l'aumento del fabbisogno idrico, a metà anni '50 si realizza a Castiglione del Lago il potabilizzatore delle acque del lago per l'acquedotto comunale.

Un evento importante, che segna l'inizio di un confronto organico tra mondo delle amministrazioni e mondo della ricerca, è il *Convegno per la valorizzazione del lago Trasimeno*, Passignano sul Trasimeno 18-19 ottobre 1969, promosso dalla Provincia di Perugia; gli atti di questo convegno, in copia dattiloscritta (fig. 1), sono stati trasferiti su supporto digitale e divulgati dal Progetto Osservatorio Ambientale Trasimeno.

Oltre al presidente della Provincia e relativi assessori, al convegno intervengono i sindaci di Passignano, Tuoro, Magione e Castiglione del Lago, il Genio Civile e il provveditorato Opere Pubbliche, i rappresentanti degli enti operanti nel comprensorio (Ente Val di Chiana, Consorzio di Bonifica, Consorzio pesca), rappresentanti di associazioni private (Club Velico Trasimeno, FIPS – Federazione Italiana Pesca Sportiva) e del mondo della ricerca e tutela ambientale (Istituto di Idrobiologia e Pescicoltura dell'Università di Perugia, Laboratorio di Epidemiologia e Salute Pubblica - LESP).

Il dibattito, preso atto della risoluzione della carenza idrica con l'ampliamento del bacino, si sviluppa attorno ad alcuni aspetti di gestione del lago, a partire dai progetti di bonifica delle sponde portato avanti dall'Ente Val di Chiana.

La preoccupazione di fare le scelte giuste per definire il migliore assetto territoriale è sottolineata sin dall'inizio dal presidente della Provincia, Ivano Rasimelli: …*"non intaccare l'enorme valore ambientale costituito dal Lago Trasimeno, nell'alternarsi di canneti, di sponde alte, di sponde basse, che credo non debba assolutamente essere compromesso, sul quale occorrono degli interventi che possano garantirci il valore ambientale […] che l'avvenire del lago debba essere assicurato attraverso la pubblicizzazione sempre più estesa delle sue sponde. Chiunque voglia controllare le carte catastali… si accorgerà che lungo le sponde esistono una serie di linee parallele, che sono i successivi riaccatastamenti […] Ora noi siamo convinti che, insieme alla difesa dell'ambiente, […] il libero accesso del lago è oggi una condizione del suo sviluppo, della sua valorizzazione turistica".*



AMMINISTRAZIONE DELLA PROVINCIA DI PERUGIA

C O N V E G N O

PER LA VALORIZZAZIONE DEL

LAGO TRASIMENO

" INIZIATIVA PUBBLICA E PRIVATA "

PASSIGNANO SUL TRASIMENO 18-19 OTTOBRE 1969

Fig. 1:
La copia dattiloscritta degli atti del Convegno del 1969

Nell'intervento dell'assessore provinciale (Comandante Acton), si descrive lo sviluppo delle azioni sulle zone circumlacuali negli ultimi 10 anni, tra cui canali per la pesca, ampliamento di zone di bonifica e costituzione di colmate, costruzione di spiagge e scogliere nelle zone dei centri abitati, per far fronte alle problematiche emergenti dovute alla risalita dei livelli del lago.

Ciò viene contrapposto al progetto dell'Ente Val di Chiana che conta di bonificare quasi tutto il perimetro del lago (esclusi 8 km).

Nel suo intervento il sindaco di Passignano, a fronte della prospettiva dell'inizio dei lavori, dichiara:"*[...] mi ha terrorizzato l'idea di vedere 40 Km di scogliera con cortina di cemento armato attorno al lago [...] il che significherebbe sfregiare il Trasimeno, cambiare i connotati naturali [...].*

Perché il lago Trasimeno non è soltanto un dato idrobiologico: anche questo è un mondo, anche le mosche, anche i moscerini, che pure danno fastidio, fanno parte di un ambiente e di un insieme che è tutt'altro che semplice [...] .

Attorno al lago si sono combattute battaglie per un equilibrio economico che nasce dalla discordia concorde degli aspetti molteplici che sono quelli della pesca, dell'agricoltura e oggi, prevalenti sul piano economico, quelli del turismo.

[...] Attorno al lago i pericoli di inquinamento per scarichi di fogne sono gravissimi [...].

Bisogna intervenire per il risanamento dei centri abitati; sistemare le gronde, magari a scogliera... laddove le esigenze di vita umana lo richiedono...ma poi, al di fuori dai centri abitati, intervenire, campo per campo[...]evitando gli interventi massicci [...]".

Ed il presidente della Provincia aggiunge: *"Il progetto noi non lo contestiamo per il singolo episodio, lo contestiamo perché le motivazioni di partenza non sono accettabili [...]. Se siamo disposti a dire che alcuni proprietari frontisti possono trovarsi nelle condizioni di dover ancora avere il canneto per l'eternità, perché questo serve al lago, [...] all'ambiente, [...] al paesaggio, bene, resterà il canneto lì davanti [...] perché lo abbiamo scelto nell'interesse del lago. Se poi noi dovremo fare delle colmate per realizzare zone pubbliche di colmata [...] faremo questo [...]ma tutto questo va fatto con una scelta che rovesci il punto di partenza, prendendo a base il lago, i suoi interessi, la realtà globale del lago [...]".*

L'intervento tecnico ambientale è affidato al LESP (Laboratorio provinciale di Igiene e Profilassi di Perugia), che affronta i problemi del lago e del suo territorio. Del primo accenna alla complessità e dinamicità dei processi che avvengono tra acque, vegetazione ed organismi, sedimenti ed atmosfera, al ruolo dell'ossigeno e della materia organica, alle condizioni di equilibrio ossidoriduttivo che possono favorire rilascio o fissazione di elementi nei sedimenti, al duplice ruolo della vegetazione.

Del territorio cita le diverse fonti di potenziale e reale contaminazione, traccia il quadro degli scarichi idrici di ogni località, cita le poche attività industriali e i possibili rilasci dalle attività agricole

Conclude affermando che in tale contesto le condizioni del lago non pos-

sono essere eccellenti e che ogni ulteriore apporto di inquinanti potrebbe compromettere le condizioni generali del lago.

Dopo il convegno del 1969, l'attenzione dell'opinione pubblica rimane alta, tanto che nel 1972, nel Convegno *Iniziative per la difesa dell'ambiente in Umbria*, Perugia 29 ottobre, organizzato dall'Associazione Italiana per l'Igiene e la Sanità Pubblica - Sezione Umbria e dalle Amministrazioni Provinciali di Perugia e Terni (Regione Umbria, 1973), c'è un significativo intervento sul lago (Tiberi *et al.*1973), frutto di uno studio effettuato nei 3 anni precedenti e promosso dall' Università e LESP, essenzialmente sullo stato chimico delle acque e sugli impatti generati dalle attività nel bacino.

Lo studio afferma che, nonostante qualche problema, le acque del lago siano da considerarsi in stato accettabile adottando un indice globale di inquinamento dell'epoca, basato su pH, ossigeno disciolto, domanda di ossigeno, specie azotate, detergenti, olii e grassi.

Un intervento del professor Gianotti, Direttore dell'Istituto di Idrobiologia e Pescicoltura dell'Università di Perugia, traccia un quadro del sistema lago da un punto di vista ecosistemico, che, seppur parziale e personale, è degno di essere riproposto nelle sue parti significative per i tanti elementi citati, dal titolo *Cronistoria trasimenica: passato presente e futuro* (Regione Umbria, 1973).

L'intervento, a ricordo delle vicissitudini degli anni '50 e dell'ampliamento del bacino imbrifero, esordisce così:

"*La recente storia del lago Trasimeno emerge dalle registrazioni delle fluttuazioni del livelli idrici. Ad esse sono associate, infatti, le variazioni fisico-chimiche delle acque ed i cambiamenti delle biocenosi.*

Alla data 30 settembre 1958 le acque sono a quota 254,53 m.s.l.m., la più bassa raggiunta dal lago; al primo gennaio 1960 aumenta di 69 cm.

Nel quadriennio 1960-63 il livello si innalza di m.1,92. Nel periodo 1964-67 il livello non scende mai più di cm.40 al di sotto della quota di sfioro dell'emissario artificiale (257,33 m.s.l.m.) [...] al 31 dicembre 1971 la quota delle acque è 256,78, come dire 55 cm. al di sotto del livello di sfioro ...".

Dai livelli passa poi ad analizzare gli aspetti vegetazionali e ittici correlati:

"*...L'estensione e la densità dell'insediamento macrofitico nel Trasimeno seguono le fluttuazioni del livello idrico: si abbassano le acque, aumenta il popolamento macrofitico.*

Il Trasimeno, ridotto a 3-4 metri di profondità massima (NDA: anni '50), subisce uno dei fenomeni più temuti per gli stagni artificiali di pescicoltura: l'eccessivo sviluppo delle piante acquatiche, oltre i limiti considerati ancora tollerabili ... negli stagni artificiali: 10-20% per i vegetali galleggianti e 30-50% per i vegetali sommersi.

Un popolamento vegetale equilibrato reca notevoli vantaggi al biotopo in cui è insediato: produce ossigeno ed aumenta l'autodepurazione dell'ambiente; sintetizza sostanze organiche utilizzando le inorganiche e può opporsi all'inquinamento delle acque; rappresenta habitat ottimale per moltissimi esseri viventi e rifugio per l'ittiofauna allo stadio giovanile; costituisce pabulum ai pesci e ad altri organismi animali, serve a molte specie ittiche per la deposizione delle uova.

È noto che, a parità di superficie, i laghi poco profondi sono spesso più produttivi anche dal punto di vista ittico.

Quando l'invasione idrofitica è massiccia e rapida, quando interi settori non consentono la navigazione neppure a remi, neppure alle barche a fondo piatto ed impediscono di impostare l'attrezzatura di pesca, quando i fenomeni putrefattivi diventano abnormemente imponenti, quando si ha estremo impoverimento del tasso di ossigeno disciolto con settori perennemente asfittici, quando i fanghi di fondo sono neri per solfuri, quando la temperatura dell'acqua a tutti i livelli segue rapidamente lo stesso livello di quella dell'aria, non si può parlare di lago eutrofo, ma di impaludimento.

Evidentissimi sono i fenomeni di viraggio alla facies palustre anche nella fauna e nella flora: fioriture imponenti di Microcystis aeruginosa, Apha-

nizomenon, Anabaena […] diventano abbondantisime le larve rosse di Chriptochironomus e del Chironomus gr. Plumosus […] i pesci pescati sono pochi, molti rifiutati dal mercato perché malati, i migliori sanno di fango. Nel quadriennio 1956-59 la produzione annuale per ettaro del Trasimeno è di 36 Kg., senza contare il persico sole […] Le rane […] diventano invendibili […].

L'unica nota allegra è la presenza di tante specie di uccelli: dal tarabusino alla cicogna nera, dal cannariccione al falco di palude, dalla folaga al martin pescatore.

Comincia la lotta contro le idrofite. Il costoso diserbo chimico risulta inutile ad eccezione che per la cannuccia; utili, ma anch'esse costose, le falciatrici meccaniche, per di più favorenti l'enorme sviluppo nocivo del fenomeno dello spiaggiamento con la formazione di biozonule fitosaprobie […].

L'acqua arriva: allacciamento…dei torrenti Tresa, Rio Maggiore (1957), Moiano e Maranzano (1961). Dal 1964 può considerarsi avvenuto il quasi completo riequilibrio del regime idraulico […] si vedono subito i risultati […] rapida riduzione della massa idrofitica […]. e del fragmiteto, si arricchiscono alcune faunule (forme eulimnetiche) se ne impoveriscono altre (forme stagnicole e palustri) […].

La produzione ittica annuale per ettaro, escludendo il persico sole, nel quadriennio 1960-63 è di 50,89 Kg., di 59,26 nel periodo 1964-67, di 71,37 nel quadriennio 1968-71.

Questo il recentissimo passato del Trasimeno: monito per il presente, allarme per l'avvenire.

Il problema è: che cosa si vuol fare del lago Trasimeno?

Attualmente hanno autorità legale sul lago umbro: Genio Civile, Amministrazione provinciale, Regione, sindaci, Consorzio bonifica Trasimeno, Consorzio Pesca e Acquacoltura[…]. Interessi spesso contrastanti, direttive spesso contrapposte. […] l'Istituto di idrobiologia…dice che è indispensabile, per frenare le macrofite e assicurare una buona produzione ittica, che il livello dell'acqua rimanga almeno alla quota 257,33 […] c'è chi vuol ornare il lago di un "braccialetto", cioè di una strada […] che permetta di pescare rimanendo al volante della macchina.

C'è chi fa grossi progetti per il Trasimeno. Se si realizzasse il "progetto Angelini" […] afflusso torbido 145.000 t/anno […] in pochi anni si avrebbe una quasi completa sostituzione delle acque lacustri con quelle del Tevere […] con concentrazioni di fertilizzanti valutabili in 3.000 mg/l di azoto e 800 di fosforo contro un limite accettabile di 250 di azoto e 10 di fosforo […]un progetto inaccettabile dal punto di vista idrobiologico e ittico […].

[…] come sfruttare convenientemente questo patrimonio naturale? […] produzione di un ottimo alimento qual è il pesce, industria del riposo tranquillo e dell'utilizzazione intelligente del tempo libero […] opportuna regolamentazione dell'attività turistica […] utilizzazione di tutto lo specchio d'acqua […] come riserva o parco o zona protetta o qualsiasi altro strumento […] valido ad assicurare vita tranquilla a specie vegetali e animali."

Tanti elementi e punti di discussione sembrano riproporsi identici nella recente crisi idrica del 2002-3, protrattasi negli anni successivi fino ad oggi anche per cause climatiche.

Un nuovo convegno, *Ecologia dell'Umbria e del lago Trasimeno*, già citato in apertura, integra il quadro nel 1974. In questo convegno una sola ma ampia relazione scientifica riguardante il Trasimeno (Di Giovanni, 1974), delinea in maniera circostanziata le principali modificazioni subite dal biota del lago in relazione ai cambiamenti fisici del lago e delle acque a partire dalla metà degli anni '50. Nell'ambito dello stesso convegno si tiene una tavola rotonda incentrata sulla fauna ittica e la pesca al Trasimeno (Rivista di Idrobiologia, 1974). Il dibattito è tra ricercatori, senza un confronto con le amministrazioni. Alla fine del convegno viene approvata una mozione che indica nuove priorità ambientali per lo sviluppo del comprensorio lacustre.

I sette punti condivisi dall'assemblea congressuale sostengono:

1. *[…] rilevata l'importanza naturalistica …di questo corpo idrico […] l'urgenza di favorire, con interventi scientificamente validi e politica-*

mente decisivi, lo stabilizzarsi delle caratteristiche e della vocazione naturale di esso;

2. *[...] la più corretta e coerente utilizzazione del Lago Trasimeno sia la destinazione alla pesciccoltura, secondo un utilizzo gestionale rispettoso (in una visione globale e di promozione qualitativa del comprensorio) della realtà naturale del lago e delle istanze socio-economiche e culturali delle comunità umane [...];*
3. *[...] per nessun motivo il Lago Trasimeno venga usato come sbocco di reti fognarie o comunque per lo smaltimento di scarichi zootecnici e tantomeno industriali [...];*
4. *[...] una soluzione atta a potenziare l'economia della zona potrebbe essere di estendere la pesciccoltura industriale [...] l'impianto di imprese ittiogeniche [...];*
5. *[...] la navigazione a motore alteri i caratteri mesologici del lago [...] danneggiandone irreparabilmente il bacino e gli attrezzi da pesca [...] che tale navigazione venga rigorosamente disciplinata [...];*
6. *[...] raccomanda una razionale salvaguardia ed il potenziamento qualitativo del paesaggio [...];*
7. *[...] propone [...] di promuovere un turismo che non sia degradativo.*

1.4 Una fase di studio ambientale

Puntando ad una gestione ecologica che tuteli l'ambiente lacuale, ai fini di una pianificazione integrata, il Ministero dell'Agricoltura e Foreste affida negli anni '70 ad Italconsult lo "*Studio per la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturalistico del bacino del Lago Trasimeno*", ecosistema considerato a livello nazionale ed internazionale come "zona umida ad acqua dolce" di rilevante interesse, con citazioni da parte del Project Aqua, della Società Botanica italiana, del CNR (inserito nell'elenco dei biotopi).

I rapporti sono pubblicati nel 1978 (Italconsult, 1978) e riportano integrazioni a studi e lavori già esistenti, verificando dati riportati dalla bibliografia, e, analizzando situazioni pregresse e recenti, punta ad individuare i fattori che influenzano e modificano l'ambiente del lago.

È un lavoro di inquadramento significativo: resta "l'anomalia" del perché un simile studio sia stato realizzato al di fuori di un contesto amministrativo e tecnico già avviato e non veda il coinvolgimento delle amministrazioni locali e dell'Università di Perugia.

Eccone alcuni stralci: "*La fase conoscitiva ha confermato che il lago e le sue sponde sono, nel bacino imbrifero, il luogo più rilevante delle attività economiche del territorio.*

Ha posto inoltre in evidenza che, a causa del carattere eutrofico delle acque, vi è pericolo incombente di una degradazione tanto più forte quanto maggiore sarà l'influenza delle attività umane gravanti su di esso.

Segni di degradazione già in atto sono stati registrati in specchi d'acqua prospicienti le coste del lago sia dal punto di vista igienico-sanitario, sia dal punto di vista dell'eutrofia.....

Esso risulta comportarsi in periodi di siccità come concentratore, avendosi così in certi periodi sbalzi notevoli di concentrazione di nutrienti che favoriscono la crescita di alghe e piante acquatiche.

L'indirizzo generale dello studio è volto...in particolare alla definizione:

- *del regime idraulico del bacino*
- *delle caratteristiche delle acque*
- *dei caratteri, della composizione e dell'esigenza della fauna e della flora*
- *della climatologia*
- *degli aspetti paesaggistici, culturali e turistici*
- *della possibilità di sfruttamento economico che non alteri le caratteristiche naturali del biotopo.*

...In tal modo lo studio...ispirandosi alle più recenti concezioni in materia ambientale, è stato impostato al fine di raggiungere i seguenti obiettivi:

- *determinazione dello stato ecologico-paesistico attuale*
- *determinazione dello stato ecologico-paesistico ottimale*
- *individuazione dei modi e dei mezzi per il raggiungimento di tale stato mediante proposte*

volte ad arrestare le tendenze alla degradazione e favorire quelle del recupero ambientale

[...] Considerando alcuni parametri fisici e chimici, si riscontrano notevolissime variazioni estreme, ad es:

- *l'ossigeno disciolto può arrivare a bassissime percentuali (23%)*
- *il pH può essere al limite della serie acida (6,9) o superare le 10 unità*
- *le sostanze riducenti (H_2S) possono essere assenti o superare gli 8 mg/l*
- *l'N ammoniacale può risultare assente o superare 2.000 microgrammi/L*
- *tali valori estremi, anche se episodici, sono un fattore limitativo per una utilizzazione pescicola dell'acqua....*

La composizione dell'ittiofauna e il suo rendimento ai fini della pesca dipendono dalla struttura dell'ambiente acquatico, dalle variazioni da esso subite naturalmente ad opera dell'uomo, dai rapporti con gli altri esseri viventi nel sistema, dalle immissioni e dalle catture operate dall'uomo.

...Sono problemi di primaria importanza, quindi, il mantenimento con costanza della quota delle acque più alta possibile e l'evitare qualsiasi forma di inquinamento delle acque stesse.

E molto importante ridurre superficie e densità della massa idrofitica asportando dallo specchio d'acqua il materiale vegetale cosi ottenuto.

Tale procedimento deve avvenire in forma meccanica e va eseguito con regolarità: a rotazione, non effettuare il taglio durante l'epoca della fregola di specie ittiche, lasciare al naturale determinati settori.

È utile economicamente associare a questa operazione uno sfruttamento razionale del materiale vegetale a disposizione (es. mangimi, cellulosa...)

L'operazione di falciatura può riguardare il fragmiteto, sotto la guida di esperti del ramo, tenendo presente che esso costituisce habitat per avifauna e un elemento caratteristico del paesaggio.

È possibile pensare all'introduzione di specie ittiche nuove (es. Ciprinidi vegetariani) tenendo presenti le esigenze del mercato

È indispensabile provvedere alla regolamentazione delle attività della pesca professionale.

Possiamo riassumere nel seguente schema il progressivo depauperamento subito dalla vegetazione al lago Trasimeno: dal 1895 ad oggi sono scomparse le gallonaie e le vaste paludi esterne descritte da Cicioni, la fascia nufaretica o laminetо, descritta dal Barsali nel 1913 e presente sul lago per lo meno fino al 1929/33, la fascia a Typha latifolia segnalata da Granetti nel 1965 e i residui prati umidi ancora presenti durante i rilevamenti di quest'ultimo autore."

In definitiva, lo studio introduce molte indicazioni che saranno riprese dalle amministrazioni locali nei loro programmi di intervento.

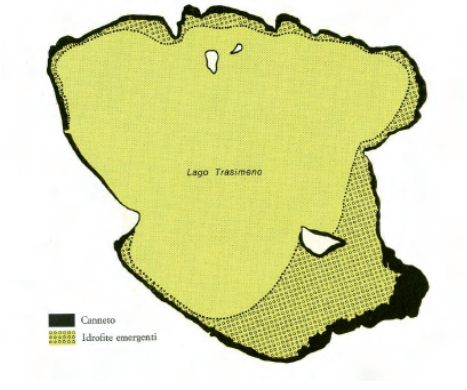
Poco tempo dopo il completamento e la stampa dei rapporti di studio Italconsult, nel 1981 la Provincia predispone ed approva il Progetto lago, strumento programmatico/operativo che si sviluppa secondo le competenze istituzionali, attribuitele dalle normative e dalle deleghe regionali.

1.5 Criticità e strategie degli anni '80

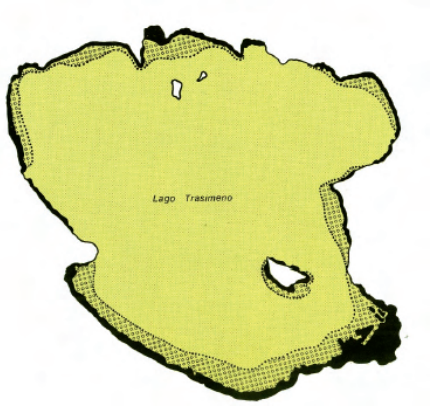
Passata la grande crisi, anche se, come evidenziava Gianotti (Gianotti, 1973), si leggono già da inizio anni '70 nuovi segnali preoccupanti, bisognerà attendere oltre un decennio per un nuovo evento ben documentato incentrato sul lago: il convegno, organizzato dalla Provincia di Perugia, dal titolo: *La tutela dell'ambiente lacuale. Il Lago Trasimeno*. Perugia, 8-9 marzo 1985.

A seguito dell'attribuzione e della diversa modulazione delle nuove competenze alle amministrazioni locali negli anni '70-'80, l'arrivo della Legge Merli e delle sue norme attuative in fatto di controllo dell'igiene ambientale e sugli scarichi diventa l'elemento scatenante della crisi è del "sequestro" delle spiagge nel 1983, per superamento delle soglie microbiologiche delle acque in attuazione della normativa sulla balneazione (D.P.R. 470/82).

Gli atti del convegno si aprono proprio con una considerazione dell'Ufficio giuridico della Provincia di Peru-



Distribuzione della vegetazione nel lago nel 1957 (da Italconsult 1978)



Distribuzione della vegetazione nel lago nel 1976 (da Italconsult 1978)

Canneto nel 2003, il riflesso verde sono le zone a macrofite (Cecchetti et al., 2005)

Canneto nel 2008, il riflesso rosa (zona Oasi La Valle) sono le zone a macrofite

Fig. 2:
Raffronto storico sulla vegetazione

gia circa l'incertezza e la confusione dell'organizzazione delle competenze locali, e provinciali in particolare.

Negli interventi di rito dei rappresentanti delle amministrazioni, dal presidente e vicepresidente della Provincia, agli Assessori regionali all'Assetto del territorio, alla Sanità e all'Agricoltura, emerge chiaramente un duplice obiettivo che ispira l'evento congressuale centrato sul lago: da un lato ruoli e competenze, dall'altro analisi delle priorità di pianificazione e d'intervento.

Il presidente provinciale di allora, parlando dell'interesse di lunga data delle istituzioni per proteggere e valorizzare il lago, evidenzia la priorità del mantenimento di un adeguato livello idrico connesso alla soglia di 257,33 m.s.l.m. fissata nel 1969.

Egli dice: "*[...] da allora tutte le iniziative furono rivolte a realizzare e mantenere questo obiettivo. Cosi la Provincia ha cercato di soddisfare le esigenze di salvaguardia ambientale, pur non avendo competenze specificamente assegnate dalla legge, garantendo il taglio delle alghe, la pulitu-*

ra delle sponde, il dragaggio di vaste zone del lago e creando spazi in grado di rendere godibile il lago stesso non solamente per quanto riguarda l'agricoltura ma anche sul piano turistico e sportivo. Un impegno particolare è stato profuso a favore della pesca professionale.

Dopo l'istituzione delle Regioni [...] scioglimento dei Consorzi di bonifica e del Consorzio fossi [...] affidando alla Provincia le loro competenze. Le funzioni amministrative concernenti il lago sono state trasferite alla Provincia permettendo l'elaborazione di un progetto (Progetto Lago Trasimeno) [...] uno dei punti fondamentali dell'attività [...] negli ultimi cinque anni.

L'obiettivo [...] è quello dell'uso plurimo delle acque del lago: di garantire cioè la pesca professionale, la pesca sportiva, il turismo, l'agricoltura, proteggendo, al tempo stesso, l'ambiente naturale.

[...] Dopo le note vicende del 1983, d'accordo con i Comuni e la Regione, si è progettato il completamento di tutte le reti fognanti e dei collettori di raccolta degli scarichi [...] le opere sono in corso di esecuzione. La prossima settimana verranno aggiudicati i lavori per il completamento della rete dei depuratori che saranno muniti tutti anche del terzo stadio per l'abbattimento del fosforo e dell'azoto.

[...] abbiamo avvertito il bisogno di promuovere un confronto a livello tecnico-scientifico in modo da avere a disposizione nuovi elementi di conoscenza e maggiore chiarezza sugli interventi da attuare; e per mettere in luce le carenze legislative nazionali, ed anche regionali, in materia di protezione dei laghi e dell'ambiente".

Il vicepresidente provinciale integra, nel suo intervento, ulteriori elementi specifici: dalla legge regionale di delega n. 39/1980 che assegna alla Provincia competenze ampie nella regolamentazione idraulica del lago e negli interventi sulle opere idrauliche del bacino imbrifero, al Progetto Lago Trasimeno approvato da Giunta e Consiglio provinciale nel 1981.

Nel Progetto la risorsa acqua del lago è destinata alla pesca, al turismo e, in funzione dei livelli idrici, alle esigenze dell'agricoltura.

I problemi da affrontare, per i quali il convegno vuole essere un "consulto specialistico", sono ricondotti a:

- livelli e regimazione delle acque
- salvaguardia dell'ecosistema, in funzione del turismo
- pesca
- uso corretto del demanio lacuale e problemi legati alla navigabilità.

L'intervento dell'assessore regionale all'Assetto del Territorio dibatte su quale politica ambientale in Umbria e quale ruolo per il Trasimeno, puntando "*ad una visione equilibrata dell'ambiente, una visione dialettica tra natura e le modificazioni che l'uomo sulla natura può apportare*". Citando gli strumenti del Piano urbanistico territoriale e del Piano regionale di sviluppo, l'intervento evidenzia come una delle grandi direttrici strategiche individuate punti ad una visione globale del sistema idrogeologico regionale, nell'ottica di un uso plurimo delle acque, in un unico sistema di acque superficiali e profonde. L'intervento sottolinea, inoltre, come la programmazioni in questo senso stia portando all'approvazione del Piano di Risanamento delle Acque "*[...] che ci ha permesso di avere una conoscenza complessiva e motivata dello stato di salute delle acque in Umbria e fare un censimento dello stato dei sistemi infrastrutturali (acquedotti e fognature), per arrivare a delle proposte di intervento concreto*". L'intervento prosegue aggiungendo che strumenti di programmazione e sinergie tra i diversi livelli istituzionali stanno portando allo studio e alla realizzazione di un Progetto integrato Trasimeno.

L'intervento dell'assessore all'agricoltura, partendo dal riferimento alle norme regionali sul patrimonio ittico e la pesca (leggi 25/83 e 51/84) cita il costruendo centro ittiogenico ed il ruolo centrale individuato nel sostegno ai pescatori, soggetto indispensabile per la salvaguardia del lago.

Ma è sull'agricoltura che si segnalano alcune considerazioni da rileggere a posteriori:

[...] il futuro del Trasimeno è legato all'agricoltura ed al suo sviluppo, anche se i problemi che ne derivano per il lago sono seri [...] alcuni dei problemi richiamati legati all'uso dei pesticidi, di concimazioni spinte e quindi di immissioni di prodotti inquinanti, soprattutto azotati, possano venire correttamente affrontati.

La prima e quella di un'assistenza tecnica agli operatori che fino a questo momento è mancata.

La seconda è collegata alla realizzazione [...] del Progetto Trasimeno [...] Questo progetto [...] prevede una completa ed organica sistemazione dell'ambiente circumlacuale ed un sistema di trattamento e trasferimento dei reflui agricoli e zootecnici, che sia in grado di consentire il ciclo chiuso nell'utilizzazione di questi liquami e reflui anche in funzione dei ritorni in energia e fertirrigazione.

La brevità degli interventi registrati può lasciare qualche dubbio sullo specifico significato di quanto asserito, ma non tale da rimettere in discussione il senso stesso delle dichiarazioni .

Al convegno sono presentati anche alcuni interventi scientifici frutto di indagini sulla qualità chimica delle acque, lo stato di saprobicità e contaminazione batterica delle stesse, lo stato dei sedimenti.

La relazione sulle indagini chimiche e chimico-fisiche delle acque del lago (Franconi *et al.*, 1987) mette a confronto i risultati di un anno di indagini (dicembre 83 - novembre 84) con quelli degli anni 1976-77 (con il lago più basso di circa 1 metro), evidenziando una riduzione media dei tenori di cloruri di circa 30 mg/l ed un aumento dei solfati di 8-10 mg/l, una variabilità spaziale di nitrati, ammoniaca e solfati correlata alle acque provenienti dagli immissari (zona Anguillara su tutti), segnala inoltre una graduale diminuzione del fosforo che da valori medi di circa 40 µg/L del '76-77 scende a circa 20 nel 80-82 e si approssima a 10 nel periodo indagato, zona Anguillara esclusa.

Il fosforo, in forma di ortofosfato, è risultato essere nel periodo il fattore limitante nei processi di eutrofizzazione del lago, essendo il rapporto azoto totale inorganico/ortofosfato pari a circa 25, ben superiore quindi a quello di crescita delle cellule algali (10). La carenza di fosforo dovrebbe pertanto contenere lo sviluppo algale. E su questo punto è interessante riportare le conclusioni degli autori, circa le misure da adottare per mitigare l'impatto ambientale: "*...condividendo quanto indicato da alcuni autori secondo i quali i risultati maggiori si ottengono sola da interventi graduati nel tempo verso le principali fonti di nutrienti, si ritiene che la politica di risanamento più urgente, che assicuri maggiori garanzie, deve essere rivolta verso due direttrici: la prima, realizzando in tempi brevi efficienti impianti di depurazione con il terzo stadio per le acque nere domestiche, la seconda effettuando una valida depurazione delle acque reflue degli allevamenti.*

A proposito dei normali impianti di depurazione chimico-biologici a due stadi, si precisa in modo categorico che questi sono assolutamente da evitare, perché, mentre le acque nere biologiche come tali, hanno una percentuale di fosforo assimilabile di circa il 27%, quando queste sono trattate con impianto a due stadi avviene una mineralizzazione del fosforo organico e di quello legato ai polifosfati per cui la percentuale di fosforo assimilabile è del 85%.

[...] la depurazione delle acque reflue degli allevamenti zootecnici [...] si ritiene che debba assolutamente essere interrotto questo flusso di nutrienti, più o meno occulto, che dagli allevamenti scende verso il lago.

[...] il carico inquinante che deriva dagli allevamenti zootecnici sia molto rilevante e pericoloso per il futuro del Trasimeno. Si ritiene molto importante instaurare una fascia di rispetto di 500 metri intorno al lago dove non sia permessa la fertirrigazione [...]".

La relazione sulle indagini microbiologiche e le valutazioni connesse alla relazione tra contaminazione micro-

biologica e livello di trofia (Losito *et al.*, 1987) coglie elementi e indicazioni significative, qui di seguito stralciate dal testo originario:

"*[...] è facile dedurre quante volte tale limite (di idoneità alla balneazione, NDR) è stato superato, tenuto conto che fino a tutto il 1983 innumerevoli scarichi di piccola, media e talora cospicua entità sversavano liberamente nel lago.*

Le migliori condizioni del 1984 e la prevedibile ottimizzazione con l'entrata in funzione dei vari impianti di depurazione, con il dirottamento in essi di vari effluenti (oltre ad una rigorosa vigilanza sugli scarichi industriali e zootecnici), portando a soluzione e ridimensionando il problema igienico-sanitario, offrono spazi [...] allo studio di ben più ampio respiro da destinare ad una migliore conoscenza necessaria alla salvaguardia di tale prezioso patrimonio naturale".

Attraverso valutazioni di saprobicità, che indica la condizione biologica dell'acqua rispetto a quantità ed intensità di decomposizione della sostanza organica, si può valutare se il processo evolve verso condizioni di eutrofizzazione e inquinamento oppure verso l'autodepurazione. Per gli apporti di sostanza organica putrescibile "*si ottengono i massimi valori e le più rapide escursioni a Passignano, nei mesi di massima piovosità [...] si ha mediamente il valore più alto a Tuoro, sostenuto dal più continuo rifornimento [...] tramite il Fosso Macerone, che riceve anche i reflui del depuratore di Tuoro...a Castiglion del Lago [...] i valori più bassi.*

I valori massimi di Tuoro e Passignano assimilano questi campioni a condizioni di alfa mesosaprobia e corrispondentemente di eutrofia [...].

[...] nei campioni di fondo [...] si riscontrano più alti livelli saprobici rispetto alla superficie.

[...] Le concentrazioni di ammoniaca riscontrate, confermano le condizioni potenzialmente inquinanti [...] i campioni analizzati ad alto livello trofico-saprobico [...].

Ci trova consenzienti [...] che il lago si trovi in una situazione di delicato equilibrio in cui qualsiasi apporto non può che compromettere le condizioni di ancora presente capacità autodepurativa.

[...] occasionali analisi eseguite su acqua tenuta a contatto con limo di fondo...si sono rilevate significative variazioni nella concentrazione di ammoniaca e dei fosfati.

Vari autori riferiscono di un intervento dei batteri solfato riduttori nel ciclo di liberazione del fosforo da depositi organici ed inorganici.

Altri lavori riportano di attività tipicamente anaerobie capaci di svolgersi anche in presenza di ossigeno".

L'indagine sui sedimenti del lago (Franconi *et al.*1987), riferisce di campionamenti dei primi 10 cm. di sedimento in prossimità delle coste e rilevazioni di tenori in metalli talora giudicati più alti rispetto a valori di riferimento generali citati (Cadmio, Cromo, Nichel, Rame, Ferro in concentrazioni alte tra 22 e 50 g/kg), contenuti in sostanze organiche tra 5 e 12%, azoto totale e fosforo totale su valori più alti di quelli presenti ad oltre 30 cm. di profondità (3,3 e 1,5 g/kg rispettivamente contro 1,45 e 0,55).

Gli autori, concludendo l'intervento fanno le seguenti considerazioni: "*[...] i sedimenti più superficiali del lago risultano notevolmente inquinati da composti del fosforo e dell'azoto, ma l'aspetto più importante per il futuro del lago è se questi sedimenti si comporteranno come un deposito di azoto e fosforo o come sorgenti di essi [...] è evidente come le caratteristiche delle acque del lago siano ormai direttamente dipendenti dal ruolo che assumeranno questi sedimenti.*

[...] In riferimento a ciò, si ricorda che il processo fotosintetico del fitoplancton è attivo fino a quando la radiazione luminosa penetrando nell'acqua assicura una zona bene illuminata, cioè eufotica [...] sono state eseguite misure di trasparenza con il disco Secchi, che mediamente hanno dato valori intorno a 3 m. Dato che la zona eufotica ha una profondità uguale a circa 2-3 volte quella del disco Secchi, [...] tale zona eufotica interessa tutta la massa d'acqua (del Lago, NDR).

Ciò è importantissimo perché, attraverso il processo fotosintetico, i vegetali assicurano la quantità di ossigeno disciolto indispensabile per tutti quei

processi respiratori ed ossidativi della biomassa, la quale, concluso il ciclo vitale, si deposita sul fondo; ma soprattutto l'ossigeno è importante perché non permette al fosforo immobilizzato nei sedimenti di ritornare in circolo, instaurando quel temibile sistema chiamato "la concimazione del lago".

[...] il complesso fenomeno dell'eutrofizzazione mostra come tutti i vari equilibri siano strettamente interdipendenti: basterebbe infatti una torbidità più elevata delle acque del lago, per rimettere in crisi il sistema.

[...] in alcune prove particolari eseguite a pochi centimetri di distanza dai sedimenti la percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto rimane ancora elevata [...] riteniamo di poter concludere affermando che attualmente il ruolo svolto dai sedimenti del Trasimeno è quello di un grande deposito.

Concludendo, di fronte alla conoscenza di queste quantità di metalli pesanti, e sopratutto fosforo, bloccate nei sedimenti, si ricorda l'azione che esso potrebbe svolgere ritardando i vantaggi che derivano dagli interventi di bonifica sui carichi inquinanti esterni".

1.6 La pianificazione degli anni '80 e '90

Negli anni '80 e '90 si completano gli strumenti pianificatori a scala regionale e provinciale e prendono avvio nuovi progetti di valutazione e monitoraggio del lago.

Nel 1986 viene approvato il Piano regionale di risanamento delle acque, ai sensi della legge 319/76 (legge Merli).

I dati di qualità delle acque sono quelli delle acque e dei sedimenti prodotti dal PMP e presentati al convegno del 1985.

Il Piano adotta obiettivi generali per la difesa della salute, l'uso plurimo delle risorse idriche, la difesa e corretta utilizzazione dell'acqua, e si concentra sui quadri programmatici relativi alle infrastrutturazioni di acquedotti, fognature e impianti di depurazione (civili e industriali). Definisce, inoltre, le modalità di smaltimento di fanghi e liquami zootecnici, il rilevamento delle caratteristiche dei corpi idrici superficiali e sotterranei. Dette misure sono applicate anche al comprensorio del lago.

Quasi contemporaneamente si avvia il Progetto SIGLA della Provincia di Perugia, con l'obiettivo di realizzare una rete di monitoraggio meteoclimatico, idrologico e di rilevo in continuo di parametri chimico-fisici delle acque.

Il progetto, concluso nel 1996, a dieci anni dalla sua nascita, mirava a produrre informazioni per verificare la compatibilità di ogni progetto o intervento sul bacino lacustre, con la tutela e la salvaguardia dell'ecosistema del Trasimeno, attraverso una banca dati che potesse fungere da supporto a chiunque operi sul territorio.

Sulla scorta di questi nuovi dati, ad inizio anni '90 le competenze delle amministrazioni centrali e locali (Ministero dell'Ambiente, Regione Umbria, Provincia di Perugia) si integrano per sostenere un nuovo progetto sul lago: il Piano per la Gestione ed il controllo del bacino del lago Trasimeno finalizzato al contenimento dell'eutrofizzazione.

L'elaborazione del Piano (1992), ha lo scopo di programmare interventi finalizzati a migliorare lo stato ambientale dell'ecosistema del lago Trasimeno ed a ridurre gli apporti di sostanze nutrienti che provengono dal proprio bacino imbrifero.

Per definire il livello trofico del lago Trasimeno si procede ad una approfondita indagine che esamina i meccanismi che regolano gli equilibri idrochimici delle acque lacustri e l'importante ruolo dei sedimenti nei fenomeni di rilascio interno di sostanze nutrienti.

In base ai risultati e alle valutazioni effettuate, sono proposti interventi per contenere il carico di sostanze nutrienti e per potenziare l'attività manutentiva finalizzata al miglioramento delle con-

dizioni ambientali in punti ritenuti critici per l'ecosistema lacustre.

Il Piano classifica il lago in condizioni di mesotrofia, individuandolo come un ecosistema in buona salute, ma con un equilibrio delicato, di cui la parte più critica è rappresentata dai limi di fondo che, a causa della bassa profondità, giocano un ruolo determinante in questo equilibrio.

I limi, fra l'altro, contengono sostanze che possono favorire o limitare la crescita delle macrofite, che a loro volta regolano l'ossigenazione del lago durante il loro ciclo vitale e successivamente l'accumularsi di sostanza organica da ossidare.

1.7 La memoria persa di un confronto recente

Sono trascorsi oltre dieci anni da quando si è realizzato l'ultimo confronto scientifico ampio sulle questioni ambientali del Trasimeno.

E dell'evento, realizzatosi a Perugia il 18-19 marzo 1998, dal titolo *Il Lago Trasimeno*, organizzato da ASL2 del perugino, CIPLA e Ordine del Biologi, non restano molte tracce, a causa della mancata pubblicazione degli atti.

È un peccato non poter disporre dello stato dell'arte e delle discussioni di allora, proprio per analizzare come nel tempo si siano evolute la percezione dei problemi e le proposte di tutela/risanamento. Ma dispiace ancora di più la mancanza delle testimonianze del confronto che avvenne con le amministrazioni ed il territorio.

Tracce cartacee restano nella disponibilità degli organizzatori, con abstract degli interventi e copia del programma.

Scorrendo la lista degli intervenuti, non resta che sottolineare l'ampiezza dei temi trattati e la nutrita presenza di ricercatori di discipline ambientali e non solo.

Qualche traccia delle relazioni e dei temi trattati è riportata nei giorni successivi all'evento sui quotidiani locali: il *Corriere dell'Umbria* del 23 aprile 1998, a margine di un articolo su "*La canna del lago nella bioedilizia*" progetto della Provincia di Perugia per la valorizzazione di questo materiale scrive "*importante occasione di sviluppo e economico della zona e per garantire, allo stesso tempo, la salvaguardia del canneto [...]. La canna del lago si sta progressivamente indebolendo, soprattutto perché nessuno provvede a tagliarla [...]*".

Sempre il *Corriere dell'Umbria,* nell'articolo *"A rischio l'acqua del lago infestata da pesticidi"*, riassume in sei punti le principali evidenze (secondo l'estensore) emerse dal convegno:

- *il Dipartimento di Chimica ha evidenziato la presenza di microinquinanti derivati essenzialmente da pesticidi;*
- *un bilancio idrico con metodologie olistiche ha evidenziato un ammanco annuo dal Trasimeno di 16 cm d'acqua (presunti prelievi abusivi);*
- *Il Dipartimento di biologia cellulare ha evidenziato la presenza nel lago di inquinanti di origine fecale, di reflui zootecnici, di fitofarmaci, di alghe azzurre;*
- *Il laboratorio di biotossicologia multizonale ha illustrato il problema delle infestazioni di insetti lacustri;*
- *Il laboratorio USL ha evidenziato come il calo idrico determina anche una concentrazione delle sostanze inquinanti ed i rischi che si determinano per la balneazione ed ai fini potabili* (ancora in uso il potabilizzatore a Castiglione del Lago, NDR).
- *L'evoluzione climatica fa prevedere che la carenza idrica rischia di aggravarsi.*

Il Messaggero, edizione Umbria, dà notizia del convegno con un articolo del 25 aprile 1998, con un articolo dal titolo "*Trasimeno, un lago in libertà vigilata*", sottotitolato " Tutti i valori delle acque sono nei limiti, controlli a tappeto per la balneazione".

Balneabilità e turismo sugli scudi, ma sono citati anche il delicato equilibrio dell'ecosistema Trasimeno, la trasparenza e la profondità delle acque. L'evento congressuale è liquidato con una citazione, mentre si riportano le sollecitazioni alle amministrazioni sui prelievi abusivi, la depurazione civile e i liquami zootecnici, la lotta agli insetti, e le polemiche nascenti circa un nuovo progetto di ampliamento del bacino.

1.8 Il quadro dal 2000 ad oggi

Più di una iniziativa è stata realizzata negli anni recenti sulle problematiche del lago.

Nel 2004 viene pubblicato dalla Provincia di Perugia un lavoro che inquadra le vicende idrologiche del lago Trasimeno nel quadro delle variazioni climatiche passate ed in atto. Il lavoro focalizza l'attenzione sul fatto che le recenti crisi idriche del lago non dipendono solo dalla gestione e dai prelievi idrici per uso irriguo, ma anche dall'evoluzione climatica del lago (Dragoni, 2004).

Restando in tema di confronto tra istituzioni, cittadini e mondo scientifico, è importante citare il workshop *La gestione dei sistemi lacustri: esperienza a confronto*, organizzato il 13 settembre 2005 a Castiglione del Lago dalla Provincia di Perugia e dal CIPLA (Centro Interuniversitario per l'Ambiente, Università di Perugia).

All'incontro hanno partecipato anche esperti stranieri che mostrando alcuni esempi di problematiche legate ai sistemi lacustri e alla loro gestione, evidenziando come i problemi del Trasimeno (inquinamento, magre, deterioramento ambientale, sviluppo turistico ed economico) siano simili ai problemi di altri laghi.

Gli atti del workshop (Provincia di Perugia, CIPLA, 2005) riportano i primi risultati di un modello di simulazione della trasformazione afflussi deflussi nel bacino del Trasimeno (Dragoni, 2005), ed un progetto pilota per lo studio dell'evaporazione dal lago, con e senza canneto (Dragoni *et al.*, 2005).

Nell'ultimo decennio, senza alcun nesso causale o temporale, si sono inoltre succeduti e alternati cronologicamente strumenti pianificatori e crisi ambientali più o meno evidenti, in gran parte collegate (e percepite) come abbassamento del livello idrico del lago, il quale dal 1986-8 non raggiunge più la soglia dell'emissario.

La principale evidenza che salta all'occhio è la molteplicità di strumenti regolatori e pianificatori che, recentemente con l'introduzione delle procedure di VAS, Valutazione Ambientale Strategica (D.Lgs. 152/06), cominciano lentamente a relazionarsi.

L`Autorità di Bacino del Fiume Tevere predispone il PS2- Piano stralcio del Trasimeno, approvato con DPCM del 19 luglio 2002, che prevede indirizzi mirati ed un piano attuativo regionale, i cui indirizzi sono i seguenti:

1. Contenimento dell'abbassamento del livello del lago
2. Tutela e valorizzazione ambientale dell'ecosistema lacustre
3. Riduzione dell'apporto di sostanze inquinanti ai corpi idrici ed al suolo
4. Manutenzione della rete idrografica del bacino
5. Promozione di forme di contenimento dei consumi idrici a scopi irrigui.

Quasi contemporaneamente esplode l'emergenza idrica 2002, con tanto di Commissario straordinario e Piano regionale di emergenza idrica, che predispone ulteriori misure sul bacino del Trasimeno, con la dismissione dei prelievi potabili ed irrigui dal lago, nuovi approvvigionamenti potabili (dorsali idriche esterne, una via settore nord fino a Castiglione del Lago, alimen-

tata dalla rete passante per il perugino più nuovi pozzi di Mantignana, l'altra via settore sud proveniente dalle nuove risorse della Pasquarella) ed irrigui di compensazione (rete da Montedoglio per i comprensori irrigui di Tuoro e Castiglione del Lago, futura connessione dal lago artificiale di Valfabbrica).

Poco dopo parte la predisposizione del Piano regionale di tutela delle acque, di cui ai D.Lgs. 152/99 e 152/06, al fine di rimpiazzare il Piano regionale di risanamento acque del 1986, mai formalmente aggiornato, il cui iter si conclude con l'approvazione del 1° dicembre 2009. Esso conferma per il lago le definizioni di "area sensibile" e "zona vulnerabile da nitrati e fitofarmaci", e predispone/integra misure generali e specifiche nei settori civile, agricolo, zootecnico e industriale.

Arpa Umbria, che sviluppa la proposta tecnica e le valutazioni di qualità ambientale connesse, classifica il lago, sulla base del monitoraggio ambientale chimico-fisico realizzato dal 2000 al 2008, in stato ecologico scadente (Arpa, 2009). Sul piano dell'idoneità alla balneazione, si passa da un giudizio favorevole con prescrizioni (Piano di controllo eutrofizzazione) ai sensi del vecchio D.P.R. 470/82, ad un giudizio di "balneabile" senza condizioni a partire dal 2009, con l'entrata in vigore del D.Lgs. 116/08. Resta solo un livello di attenzione su criticità temporanee potenzialmente amplificabili da eventi piovosi.

Nel frattempo, va in porto il Piano regolatore regionale degli acquedotti (2007) e si avvia l'adeguamento dei Piani d'ambito degli ATO/ATI predisposti in prima battuta nel 2003.

La Provincia di Perugia promuove azioni e interventi sul bacino del lago, studi ed eventi tecnico-scientifici (Castiglione del Lago, 2005), e aggiorna il proprio Piano Provinciale sul Lago (PSST, Progetto di sviluppo sostenibile per il Lago Trasimeno, 2006)

Il riacutizzarsi della crisi idrica nel 2003, 2005 e 2007-8, vede l'ingresso del Ministero dell'Ambiente, che attiva un Osservatorio sul Trasimeno (motivo la mancata attuazione del Piano operativo del Piano stralcio) e sponsorizza ulteriori valutazioni ed interventi attraverso un comitato tecnico.

Parallelamente alla predisposizione degli interventi nel settore idrico, sul versante ambientale e della valorizzazione del patrimonio culturale-naturalistico del territorio si sviluppano le azioni di tutela e salvaguardia delle aree naturali protette (Piani di gestione del Parco, dei Siti Natura 2000), iniziative di stimolo alla gestione consapevole dell'ambiente lacustre (adesione a *Living Lakes* da parte della Provincia di Perugia, iniziative Agenda 21 della Comunità Montana).

Con tutta quest'attenzione ed azione i problemi del lago e del suo comprensorio non avrebbero ragione di persistere.

Ma sembra che qualcosa non torni. Oltre a quella di chi deve applicare valutazioni ambientali previste dalle norme nazionali e comunitarie, anche la percezione del cittadino e del turista non è delle migliori: la qualità ecologica del lago resta un problema ancora non risolto, dato che secondo gli indicatori chimico fisici e biologici il lago non è in buono stato ambientale (Arpa, 2011).

Si cercherà, nei capitoli che seguono, di chiarirne i motivi e prospettarne le soluzioni.

Atti di convegni e documenti citati

ASL2- CIPLA - Ordine Biologi (1998) - *Seminario "Il lago Trasimeno"*. Perugia, 16-17 aprile 1998

Autorità di Bacino del Fiume Tevere (2002) - *PS2 – Piano stralcio per il lago Trasimeno.*

Corriere dell'Umbria (1998) - *A rischio l'acqua del lago infestata da pesticidi*. Edizione del 23 aprile 1998.

Il Messaggero (1998) - *Trasimeno, un lago in libertà vigilata*. Edizione Umbria del 25 aprile 1998.

Ministero dell'Agricoltura e delle foreste (1978) - *Studio per la tutela e valorizzazione del patrimonio naturalistico del bacino del Trasimeno.* Edito a cura di Italconsult.

Ministero dell'Ambiente, Regione Umbria, Provincia di Perugia (1992) - *Il Piano per la Gestione ed il controllo del bacino del Lago Trasimeno finalizzato al contenimento dell'eutrofizzazione.*

Provincia di Perugia (1969) - *Convegno per la valorizzazione del lago Trasimeno. Passignano sul Trasimeno*, 18-19 ottobre 1969. Copia dattiloscritta.

Provincia di Perugia (1981)-*Progetto Lago Trasimeno.*

Provincia di Perugia (1987) - *Convegno: La tutela dell'ambiente lacuale. Il Lago Trasimeno*. Perugia, 8-9 marzo 1985. Edito a cura della Provincia di Perugia, Grafica Salvi, 472 pagg.

Provincia di Perugia (2006) - *Progetto di sviluppo sostenibile per il Lago Trasimeno*.

Regione Umbria (1973) - *Atti del convegno: Iniziative per la difesa dell'ambiente in Umbria.* Perugia, 29 ottobre 1972.

Regione Umbria (1986) - *Piano Regionale per il Risanamento delle acque dall'inquinamento e per il corretto e razionale uso delle risorse idriche*. Supplemento ordinario BUR n.2/1986.

Provincia di Perugia & CIPLA (2005): *Incontro internazionale "La gestione dei sistemi lacustri. il caso del lago Trasimeno: esperienze a confronto"*, 13 settembre 2005, Castiglione del Lago.

Regione Umbria (2007). *Piano regolatore regionale degli acquedotti*. Suppl. str. BUR n. 16/2007.

Regione Umbria (2009) *Piano regionale di tutela delle acque*. DCR n.357 del 1 dicembre 2009. Supplemento str. n. 1 al BUR n.5/2010.

Università degli Studi di Perugia (1974). *Ecologia dell'Umbria e del Lago Trasimeno.* Perugia –Monte del Lago, 19-21 aprile 1974. Rivista di idrobiologia n. 13/I

Bibliografia

Arpa Umbria (2009) - *Stato di qualità ambientale dei laghi, anni 2005-2006-2007, e analisi dei trend evolutivi*. Rapporto tecnico Arpa. http://www.arpa.umbria.it/resources/documenti/Acqua/Rapporto%20laghi%202005-2006-2007.pdf

Arpa Umbria (2011) - *Prima valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici lacustri ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).* Rapporto tecnico Arpa.

Baldi E. (1932) - *Società limnetica nel Trasimeno.* Rivista di biologia, 14(3/4), 177-216.

Barsali E. (1913) - *Sulla macroflora del lago Trasimeno o di Perugia*. Boll. Soc. Botanica Italiana, Firenze, 1913 n.7-8, 159-165.

Bauer V. (1923) - *L'ecologia lacustre ed il nuovo concetto dell'idrobiologia*. Rivista di Biologia, 5(3), 347-357.

Cecchetti A., Ficola M., Lazzerini G., Pedini A., Segantini F. (2005) - *Vegetazione, habitat di interesse comunitario, uso del suolo del Parco lago Trasimeno. Relazione Parco del lago Trasimeno.* http://www.parcotrasimeno.it/Download/DWN_20071201090749.PDF

Cicioni G.P. (1895) - *La flora del Trasimeno. Osservazioni generali. Perugia:* Tip. V. Santucci, 1895, 8.

Consorzio per la Bonifica delle Gronde del Trasimeno (1932) - *Progetto esecutivo per la bonifica delle gronde del Trasimeno mediante regolazione del lago e colmata artificiale.* Stab. Tipo-litografico del Genio Civile, Roma, pp.48.

Consorzio di Bonifica del Lago Trasimeno (1950) - *Progetto per la Regolazione del canale emissario.*

Di Giovanni M.V. (1974) - *Vicende ecologiche del Lago Trasimeno.* Rivista di Idrobiologia, 13(1), 57-78.

Dragoni W. (2004) - *Il Lago Trasimeno e le Variazioni Climatiche.* Progetto informativo dell'Assessorato all'Ambiente della Provincia di Perugia, Servizio Gestione e Difesa Idraulica, pp 60, Perugia.

Dragoni W. (2005) - *Il problema del bilancio e dell'evaporazione del Lago Trasimeno.* Atti Incontro Internazionale "La gestione dei sistemi lacustri. il caso del lago Trasimeno: esperienze a confronto", 13 settembre 2005, Castiglione del Lago. Provincia di Perugia e CIPLA

Dragoni W., Gnucci L., Vinti G. (2005) – *Le vasche evaporimetriche sperimentali a San Savino.* presentato all'Incontro Internazionale "*La gestione dei sistemi lacustri. il caso del lago Trasimeno: esperienze a confronto*", 13 settembre 2005, Castiglione del Lago. Provincia di Perugia e CIPLA.

Gianotti F. S. (1973) - *Cronistoria trasimenica: passato, presente, prospettive future*. In Atti Convegno "*Iniziative per la difesa dell'ambiente in Umbria*". Perugia, 29 ottobre 1972. Regione Umbria, 181–185.

Granetti B. (1965) - *La flora e la vegetazione del lago Trasimeno. Parte I.* La vegetazione litoranea. Rivista di Idrobiologia, 4(3), 115-152.

Granetti B. (1965) - *La flora e la vegetazione del lago Trasimeno. Parte II.* La vegetazione idrofitica sommersa e natante. Rivista di Idrobiologia, 4(3), 155-182.

FRANCONI U., BLASI F., MOSSONE M., SALCIARINI S. (1985) - *Prime indagini sulle caratteristiche del limi di fondo del Lago Trasimeno.* In *Convegno: La tutela dell'ambiente lacuale. Il Lago Trasimeno.* Perugia, 8-9 marzo 1985. Edito da Provincia di Perugia, Grafica Salvi, 93-101.

FRANCONI U., MOSSONE M., BLASI F., BURCHIA A., GALINARI W. (1985) - *Indagini chimiche e chimico-fisiche delle acque del Lago Trasimeno.* In *Convegno: La tutela dell'ambiente lacuale. Il Lago Trasimeno.* Perugia, 8-9 marzo 1985. Edito da Provincia di Perugia, Grafica Salvi, 37-59.

LIPPI-BONCAMBI C. (1946) - *Contributo alla monografia sul lago Trasimeno.* Rivista di Biologia, 38, 112-134.

LOSITO G., MOROSI A., ROSINI M. (1987) - *Prime indagini sugli aspetti microbiologici delle acque del Lago Trasimeno.* In *Convegno: La tutela dell'ambiente lacuale. Il Lago Trasimeno.* Perugia, 8-9 marzo 1985. Edito da Provincia di Perugia, Grafica Salvi, 61-91.

MARINELLI G. (1912) - *Il lago di Perugia o Trasimeno.* Stab. Tipogr. Bartelli, Perugia.

MARCHESONI V. (1940) - *Primo saggio di ricerche sul fitoplancton di alcuni laghi dell'Umbria, Abruzzo e Campania.* Nuovo Giorn. Bot. Ital., 47(3), 539-558.

MONTI R. (1907) - *La circolazione della vita nei laghi.* Riv. Mens. di Pesca, Anno IX, 1-21.

MORETTI G.P. (1958) - *II lago Trasimeno (Tre anni di studi idrobiologici).* Quaderni di Biologia Sperimentale, 21, 1-225.

PASQUALI U. (1931) - *La bonifica integrale dei Territori dell'alto Tevere e di quelli soggiacenti al Lago Trasimeno costituito a bacino di raccolta.* Stabilimento Combi, Milano, 1931

SOCIETÀ ACQUE RIUNITE TEVERE TRASIMENO (1930) - *Trasimeno Bacino Irriguo ed Idroelettrico.* Dal Progetto dell'Ing. Umberto Pasquali. Firenze, Tipografia Classica.

PASQUINI P. (1923) - *La distribuzione verticale ed orizzontale del plancton del lago Trasimeno in estate e sue variazioni.* Rivista di Biologia, 5(1), 45-63.

PASQUINI P. (1924a) - *La stazione idrobiologia del Trasimeno in Monte del Lago (Umbria).* Rivista di Biologia, 6(4-5): 3-11.

PASQUINI P. (1924b) - *Nuova serie di ricerche sul plancton del lago Trasimeno.* Boll. Ist. Zool. R.U. Roma, 2, 3-11.

POLIMANTI O. (1929) - *La limnologia del Lago Trasimeno. Roma,* Provveditorato Gener. dello Stato, 1929.

POLIMANTI O. (1946) - Notizie e appunti. Rivista di Biologia, 38, 197-228.

TEEB (2010) - *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.* http://www.teebweb.org

TIBERI O., LOLLINI M.N., MONARCA S., SAVINO A., SCASSELLATI SFORZOLINI G., AISA E., GATTAPONI P., FRANCONI U., MORINI F., MOSSONE M., LOSITO G. (1973) - *Risultati di 3 anni e mezzo di indagini sullo stato di inquinamento del L. Trasimeno. Atti del Convegno: Iniziative per la difesa dell'ambiente in Umbria.* Perugia, 29 ottobre 1972. Regione Umbria (1973), 147-178.

VECCHI A. (1922) - *Sulla fertilità della terra nel fondo del lago Trasimeno.* Rivista Agricola Romana, anno XLVIII, luglio 1922, Roma.

2. Quadro delle conoscenze ambientali pregresse

Fedra Charavgis
Elisabetta Ciccarelli
Linda Cingolani
Margherita Di Brizio
Nicola Morgantini
Tatiana Notargiacomo
Sonia Renzi
Barbara Todini

2.1 Premessa

Nell'ambito del Progetto "*Messa a punto dello stato delle conoscenze ambientali di riferimento dell'area del lago Trasimeno e definizione di un modello concettuale per un piano di gestione*", una parte rilevante delle attività è stata dedicata alla ricostruzione del quadro conoscitivo ecologico del lago Trasimeno, allo scopo di fornire una sintesi sui principali processi evolutivi che hanno caratterizzato il corpo idrico dalla fine dell'800 ad oggi.

Lo studio è stato basato sulla raccolta e selezione di articoli, documenti, ricerche e lavori scientifici reperiti presso gli Istituti di Ricerca e gli Enti Pubblici coinvolti nello studio e nella gestione del bacino del Trasimeno (Università di Perugia, Università di Camerino, Regione dell'Umbria, Provincia di Perugia, ecc).

Il materiale raccolto, visionato e selezionato, riguarda soprattutto studi finalizzati ad indagare su particolari eventi che si sono presentati nel tempo e sugli effetti da essi prodotti sulla struttura delle comunità biologiche (fauna ittica, fauna macrobentonica, fitoplancton, zooplancton e vegetazione macrofitica).

Sulla base di tali informazioni, si è tentato di ricostruire il percorso evolutivo che ha interessato il lago nell'intervallo temporale di oltre un secolo, focalizzando l'attenzione sulle eventuali semplificazioni e modificazioni subite dalle biocenosi acquatiche.

Al fine di rendere più agevole la lettura e l'interpretazione dei lavori analizzati, per ogni componente biotica e abiotica sono state realizzate schede sintetiche degli studi effettuati sull'argomento. La documentazione prodotta è divulgata via web sul sito di Arpa Umbria: www.arpa.umbria.it

Nei paragrafi seguenti, viene presentato un breve quadro conoscitivo sulle tematiche principali affrontate dai vari autori.

2.2 L'idrogeologia del lago Trasimeno

Il quadro conoscitivo sull'idrogeologia del bacino del lago Trasimeno è stato ricostruito sulla base di dodici lavori (nove pubblicazioni e tre comunicazioni a congressi) pubblicati tra il 1978 e

il 2006. In alcuni di questi sono state approfondite le conoscenze dell'idrogeologia del bacino lacustre e, sulla base di notizie storiche e di diversi set di dati idrometrici, termometrici e pluviometrici, è stata ricostruita l'evoluzione del lago nel passato, valutando gli effetti degli interventi eseguiti sin dall'epoca romana per la regimazione dei livelli lacustri. In altri lavori sono state ricavate equazioni di bilancio idrologico e idrogeologico per la definizione dello stato attuale del lago, a partire dalla quale sono state proposte soluzioni per un suo miglioramento quantitativo e qualitativo. In altri lavori, infine, anche con l'ausilio di studi climatologici effettuati a diversa scala temporale in ambito sia locale che globale, sono stati sviluppati dei modelli matematici per individuare tutti i possibili scenari futuri nelle diverse condizioni meteo climatiche e, di conseguenza, giungere alla definizione di un corretto piano di gestione della risorsa idrica.

Il bacino del Trasimeno occupa una vasta depressione impostata su litotipi a bassa permeabilità, che ostacolano lo scambio di risorsa idrica con l'esterno del bacino per via sotterranea, rendendolo di fatto un bacino chiuso (Deffenu e Dragoni, 1978; Burzigotti *et al.*, 2003). Il bacino idrogeologico praticamente coincide con il bacino imbrifero, per cui il lago viene alimentato solamente dalle piogge che ricadono all'interno del bacino imbrifero stesso. Di queste, circa 1/3 cade direttamente sullo specchio lacustre, a causa delle sue grandi dimensioni, soprattutto in rapporto a quelle dell'intero bacino (120 km^2 contro 309 km^2); gran parte della restante aliquota viene convogliata al lago nel giro di 2-3 giorni, tramite piccoli corsi d'acqua a regime torrentizio. Questo fa sì che il volume del lago risenta molto velocemente delle precipitazioni. Solo una piccola porzione di queste si infiltra, soprattutto attraverso depositi a più elevata permeabilità che, a scala di bacino, occupano una superficie piuttosto limitata (Deffenu e Dragoni, 1978).

Il Trasimeno è un lago piuttosto grande ma poco profondo, con profondità massima di appena 6 m; di conseguenza, la temperatura dell'acqua risente particolarmente sia della temperatura dell'aria che dell'irraggiameto solare, rendendo il lago fortemente soggetto al fenomeno dell'evaporazione dalla superficie; questa, con volumi di circa 125-150 m^3/anno stimati mediante bilancio idrologico, rappresenta il maggiore flusso in uscita dal sistema (Dragoni, 2005). Quanto sopra indica che i livelli lacustri al di sotto della quota di sfioro (257.33 m s.l.m.), quindi con emissario non funzionante, sono fortemente legati alle condizioni meteo-climatiche. Ciò è stato dimostrato da diversi autori (Deffenu e Dragoni, 1978; Dragoni ed Evangelisti, 1999; Burzigotti *et al.*, 2003; Dragoni, 2004) mediante equazioni ricavate a partire da dati idrometrici e pluviometrici relativi anche a differenti periodi. Nel 1999, ad esempio, Dragoni ed Evangelisti, basandosi anche sugli studi finali pubblicati sulla letteratura scientifica, hanno ricavato un'equazione che lega il livello del lago alle precipitazioni, utilizzando i dati del periodo 1963-1997; dall'alto valore del coefficiente di correlazione ($R2=0,9$), si deduce che le variazioni di livello dipendano per il 90% dalle piogge, fermo restando l'importanza di altri fattori come la distribuzione temporale delle precipitazioni, la temperatura dell'aria, i volumi prelevati artificialmente sia dal lago che dalla falda circostante e così via.

La forte dipendenza dei livelli lacustri dalle condizioni meteo-climatiche fanno del lago un sistema molto fragile,

soprattutto in una fase climatica caldo/secca. Dragoni (2004), a partire dalle tendenze evolutive del clima a scala globale, ha ricostruito le variazioni climatiche in Italia centrale, riscontrando che negli ultimi 3000 anni c'è stata un'alternanza di fasi, della durata di alcuni secoli, con clima mediamente caldo/secco e freddo/umido, con differenze di temperatura media annua di circa 1-2°C; i livelli lacustri hanno rispecchiato molto bene questo andamento. Attualmente si sta attraversando una fase climatica caldo/secca. Il lieve incremento di temperatura registrato, però, sembra essere accompagnato da una consistente diminuzione della piovosità media annua. Infatti, nel periodo 1910-1995, sono stati calcolati un gradiente di temperatura medio annuo pari a +0,012°C/anno e un gradiente di pioggia medio annuo pari a -2,46 mm/anno (Cambi e Dragoni. 1998). La diretta conseguenza è un bilancio idrologico annuale che è risultato negativo (volumi in entrata inferiori a quelli in uscita) per più anni consecutivi. In questo arco temporale, infatti, la piovosità è stata inferiore alla pioggia critica (pioggia necessaria affinché il bilancio idrologico sia non negativo) che, nelle condizioni attuali, corrisponde a 700 mm/a. Negli ultimi cinquant'anni si sono verificate anche annate con quantitativi di pioggia superiori ma, a causa della loro sporadicità, non sono state sufficienti ad invertire la tendenza negativa che ha caratterizzato gli ultimi decenni. Quanto detto viene confermato dal fatto che ormai da anni i livelli del lago sono al di sotto della quota di sfioro dell'emissario artificiale (257,5 m s.l.m.), non più superata dal 1987. Inoltre, la presenza dell'emissario non consente un accumulo di risorsa in corrispondenza dei periodi più umidi. Nelle condizioni meteo climatiche attuali, a meno di annate con piovosità eccezionale, il livello del lago raggiungerebbe nuovamente la quota di sfioro dell'emissario solamente nel caso in cui il bilancio fosse positivo per almeno quattro o cinque anni consecutivi (Dragoni, 2004).

Non potendo agire sulle precipitazioni, è necessario ridurre la pioggia critica. In questo senso sono stati condotti diversi studi (Deffenu e Dragoni, 1978; Burzigotti *et al.*, 2003; Manciola e Casadei, 2005; Dragoni *et al.*, 2006) nei quali è stato proposto di ampliare il bacino imbrifero e/o portare al lago acqua dall'esterno limitando, al contempo, gli attingimenti sia dal lago che dalla falda circostante.

Dall'insieme dei lavori esaminati emerge la necessità di approfondire le attuali conoscenze del bacino del Trasimeno in ogni suo aspetto e di disporre di dati termometrici, pluviometrici, idrometrici ed evaporimetrici di qualità; tutti i modelli e le simulazioni dei bilanci idrogeologici utilizzati, infatti, indipendentemente dalla loro validità teorica, possono essere effettivamente rappresentativi della realtà solamente a partire da un elevato numero di dati affidabili.

Con una rete di acquisizione dati carente è possibile ottenere solamente delle stime approssimative, che contrastano con l'urgenza di conoscere a fondo tutti i processi fisici e le dinamiche che si istaurano all'interno del sistema lago. Solamente disponendo di tali conoscenze è possibile attuare piani di gestione della risorsa idrica efficaci, salvaguardando al contempo l'ecosistema lacustre.

2.3 La caratterizzazione chimica delle acque

I lavori e i dati esistenti sulla composizione chimica delle acque del lago Trasimeno coprono un periodo piuttosto

lungo, dalla fine degli anni '50 fino ad oggi. Per la ricostruzione del quadro conoscitivo relativo alla composizione chimica delle acque sono stati presi in considerazione essenzialmente 7 lavori, redatti tra il 1971 ed il 2005. Generalmente in tutti gli studi sono state considerate varie stazioni di monitoraggio, localizzate sia nella fascia costiera che a centro lago, monitorate per periodi variabili da alcuni mesi fino ad un anno, con frequenza da settimanale a mensile.

Considerando gli ioni maggiori, le acque del lago presentano una composizione di base di tipo "clorurato-sodica", essendo presenti concentrazioni di sodio e cloro maggiori rispetto agli altri ioni e, complessivamente, le acque presentano una elevata salinità, superiore a quella di altri laghi italiani. Tiberi (1980), sulla base dei rapporti F/Cl, misurati sulle acque lacustri e sotterranee del bacino e considerando le caratteristiche di permeabilità e geologico-strutturali delle formazioni affioranti, esclude che possa esistere un significativo scambio tra le acque della falda sotterranea e le acque del lago. In particolare, l'autore sostiene che la variazione stagionale di concentrazione in cloruri nelle acque dipende essenzialmente da fattori climatici (piogge, evaporazione), ovvero dalla variazione dell'apporto esterno di acqua al bacino.

Gli studi effettuati non hanno mai evidenziato significativi fenomeni di stratificazione (termica e/o chimica) delle acque (Tiberi, 1971; Tiberi, 1980; Giovanardi *et al.*, 1995a), stabili stagionalmente, dato che l'azione regolare dei venti causa frequentemente il completo rimescolamento verticale delle acque, quindi una omogeneizzazione di tutti i parametri chimici e chimico-fisici (temperatura, conducibilità, Ossigeno disciolto, redox, pH).

Per questo le acque risultano ben ossigenate a tutte le profondità durante quasi tutto l'anno, con variazioni leggermente più marcate riscontrate tra la fascia neritica e quella pelagica (concentrazione media O_2 rispettivamente di 6,9 mg/l e 10.3 mg/l durante il periodo 1969-70). L'azione dei venti (e correnti da essi indotte) tende inoltre ad omogeneizzare spazialmente le caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

A causa della scarsa profondità media del lago, i parametri chimico-fisici delle acque (ad esempio pH e temperatura) sono soggetti a marcate variazioni stagionali. In particolare, il pH, che presenta valori mediamente di 8-8.5, mostra dei minimi invernali (ca. 8) e dei massimi estivi (fino a 10), legati sia alle variazioni stagionali di temperatura delle acque che alla produttività della vegetazione macrofitica sommersa (Tiberi, 1971; Giovanardi *et al.*, 1995a). Infatti, durante la fase di massima attività fotosintetica delle macrofite (primavera-estate), viene sottratta CO_2 dalla colonna d'acqua, causando un innalzamento nei valori di pH fino quasi a 10, in particolare nella zona di S.Arcangelo-La Valle, caratterizzata da scarsa profondità delle acque (1-2 metri) e dove risulta maggiormente diffuso questo tipo di vegetazione.

Nello studio di Franconi *et al.* (1985), tra il 1983 e il 1984 sono state monitorate le concentrazioni di diversi tipi di microinquinanti (pesticidi, metalli, tensioattivi) e misurati valori di ossigeno disciolto, percentuale satO_2, BOD/5 e COD. Generalmente tutti i metalli sono presenti in concentrazioni molto basse (spesso inferiore al livello di rilevabilità), mentre si rinvengono tracce di pesticidi e tensioattivi. Gli autori concludevano che in relazione alle condizioni igienico-sanitarie, i dati complessivamente indicano una ottima qualità delle acque, mentre dal punto di vista

dell'eutrofia, lo stato risulta buono. Tali dati vanno tuttavia interpretati considerando le favorevoli condizioni idrologiche presenti nei primi anni ottanta, quando con il livello medio delle acque al di sopra dello "zero idrometrico", avveniva il ricambio delle acque attraverso l'emissario.

Per quanto riguarda i nutrienti (N-P), questi sono presenti nelle acque del lago in concentrazioni generalmente basse (media NO_3 ~ 0,28 mg/l (Tiberi, 1971), ~ 0.1 mg/l (Franconi *et al.*, 1985); media PO_4 ~ 0,002-0,005 mg/l (Giovanardi *et al.*, 1995b)). Mediamente il rapporto N/P si mantiene quasi sempre superiore a 10, indicando come principale "fattore limitante" alla crescita algale il fosforo, mentre soltanto in alcuni periodi della stagione estiva si possono presentare casi di N-limitazione (Giovanardi *et al.*, 1995b). Sulla base delle medie dei parametri clorofilla "a" (13 µg/l) e P totale (23.7 µg/l), il Trasimeno può essere definito da mesotrofico a eutrofico (Giovanardi *et al.*, 1995b). Nel lavoro di Cingolani *et al.* (2004) sono stati stimati i carichi di nutrienti sversati nel bacino lacustre (circa 372.000 kg/anno di N e 14.160 kg/anno di ortofosfato), i quali risultano sostanzialmente inferiori a quelli stimati da Giovanardi *et al.* nel 1995 (753.000 kg/a di N e 40.000 kg/a di P). Comunque nella stima proposta da Cingolani *et al.* (2005) non sono stati considerati gli apporti provenienti dagli impianti di depurazione di Passignano, S.Arcangelo e Pineta, nonché gli apporti provenienti dagli scaricatori di piena delle fognature. In ogni modo, per spiegare i livelli di concentrazione in acqua del P, anche alla luce degli elevati carichi di nutrienti sversati annualmente nel lago, Giovanardi *et al.* (1995b) ipotizzano la presenza di meccanismi di rimozione del P dalla soluzione acquosa, quali la coprecipitazione con calcite, la precipitazione di idrossiapatite e l'adsorbimento sui minerali dell'argilla, che costituiscono la matrice inorganica fine dei sedimenti del fondale. Inoltre, per spiegare le variazioni di concentrazione del fosforo totale, sembra rilevante il fenomeno di risospensione (ad opera del moto ondoso) della frazione più fina del sedimento, che contiene una parte importante di P legata per adsorbimento. In conclusione il livello trofico delle acque è condizionato dalle caratteristiche idrochimiche di base delle acque lacustri (elevata salinità e alcalinità), piuttosto che dai pur rilevanti carichi esterni di P (Giovanardi *et al.*, 1995b).

Giovanardi *et al.* (1995b) concludono che eventuali interventi di controllo e limitazione dello sviluppo della vegetazione macrofitica potrebbero avere effetti benefici, senza pregiudicare la capacità del sistema di controllare la concentrazione di fosfati, mantenendo quindi l'attuale stato di moderata produttività, ancora compatibile con tutti gli usi previsti per il corpo idrico. Tuttavia è evidente come il controllo dello stato trofico non possa prescindere da una limitazione del carico esterno di nutrienti (scarichi civili, zootecnici, suolo coltivato).

Gli studi svolti in questi anni hanno permesso di ottenere una discreta caratterizzazione chimico-fisica delle acque e, grazie ai diversi monitoraggi (con frequenza anche quindicinale), esiste, almeno per gli ultimi 20-25 anni, una soddisfacente banca dati. Tuttavia per quanto riguarda il meccanismo di scambio dei nutrienti tra acqua e sedimento, deve essere ancora esaminata con maggiore dettaglio l'influenza delle variazioni ambientali (climatiche, idrologiche), sia su scala stagionale che diurna. In particolare, deve essere approfondita l'interdipendenza tra caratteristiche

chimico-fisiche di sedimenti e acque, concentrazione dei gas disciolti nelle acque e attività della vegetazione sommersa, nella sottile zona di interfaccia acqua-sedimento.

Dall'osservazione dei dati chimici disponibili per gli ultimi 50 anni circa (periodo caratterizzato da livelli generalmente inferiori allo "zero idrometrico"), è evidente come la concentrazione in cloruri e quindi la salinità totale delle acque sia aumentata, pur se con inevitabili oscillazioni legate all'andamento annuale idrometrico e quindi del volume d'acqua nel lago. Restano da valutare le potenziali ripercussioni che l'incremento di salinità ha avuto, e potrà avere in futuro, sull'intero ecosistema lacustre (fauna ittica, alghe e piante acquatiche), che deve adattarsi alle diverse caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

2.4 I sedimenti del lago Trasimeno

La ricostruzione del quadro conoscitivo sui sedimenti del lago Trasimeno è basata su 7 lavori ritenuti più significativi, realizzati a partire dai primi anni novanta. I lavori fino ad oggi eseguiti hanno indagato i livelli di concentrazione dei principali inquinanti su diversi settori del lago, analizzato, almeno in parte, i meccanismi di scambio dei nutrienti tra sedimento e acqua, e studiato la composizione mineralogica, oltre che granulometrica, dei sedimenti. Gli studi sono stati effettuati su campioni di carote, per profondità fino a 25-50 cm, e di bennate, mediante le quali si ottengono porzioni più superficiali di sedimento.

Morozzi (1996) e De Bartolomeo *et al*. (2004), indicano la presenza di inquinamento antropico sui campioni analizzati a causa della presenza di IPA e tensioattivi. Inoltre, mettono in evidenza l'associazione e l'interdipendenza tra alcune variabili (specie inquinanti e parametri significativi), come quella tra concentrazione di materia organica (OM) e idrocarburi policiclici aromatici (PAH) e tra alchilsolfonato lineari (tensioattivi, LAS) e solfuri acidi volatili (AVS). Il comportamento dei metalli pesanti risulta meno chiaro; alcuni sono associati a solfuri, vista la capacità di formare solfuri insolubili e in maniera minore anche con il contenuto di carbonio inorganico (IC); altri invece (es. rame) sono associati fortemente con il carbonio inorganico. Tuttavia le frazioni di metalli rilevate nei sedimenti risultano di non facile rilascio a causa delle condizioni chimiche, fisiche e ambientali (Tiberi, 1991; De Bartolomeo *et al*., 2004). Lo stato riducente dei sedimenti non sembra inoltre influenzare la concentrazione di ossigeno disciolto della colonna d'acqua a contatto con i sedimenti stessi, che presenta sempre concentrazioni prossime alla saturazione.

La distribuzione del carico inquinante, risulta complessivamente superiore nei sedimenti della fascia rivierasca rispetto alla zona di centro lago. In particolare, le differenze più evidenti sono osservate tra la zona della Valle e quella poco a sud di Castiglione del Lago, largamente imputabili alla natura profondamente diversa dei sedimenti, in quanto caratterizzati rispettivamente da elevati contenuti di sostanza organica e sabbia. In generale, le variazioni più marcate sono legate al diverso periodo di campionamento piuttosto che alla distribuzione spaziale dei campioni.Tra i meccanismi chimico-fisici che sono ritenuti avere un ruolo potenzialmente determinante nell'accumulo di fosforo nei sedimenti, viene ricordato l'adsorbimento chimico-fisico su materiale di fondo riportato in sospensione, la precipitazione dalle acque come idrossiapatite e la coprecipitazione con carbonato di calcio. Le quantità di nutrien-

ti immagazzinate nei sedimenti sono valutabili nell'ordine delle centinaia di tonnellate di P e migliaia di tonnellate di N (S.I.G.L.A., 1995). Tiberi (1991) evidenziava come il P nei sedimenti non fosse in concentrazioni molto elevate, se paragonate a quelle di altri laghi. In condizioni di saturazione di ossigeno della colonna d'acqua il rilascio di P non costituisce un problema per l'ecosistema lacustre, mentre nel caso di condizioni anossiche il fenomeno di risolubilizzazione potrebbe diventare più consistente. Prove di laboratorio hanno mostrato che generalmente il fosforo risulta legato al calcio e che la frazione di fosforo facilmente scambiabile è sempre presente in percentuali piuttosto basse, dell'ordine del 2 - 3% (Viotti *et al.*, 2002).

I sedimenti mostrano generalmente un elevato contenuto organico e dal punto di vista granulometrico sono classificabili come argille e limi-argillosi, lungo la costa meridionale, e come sabbie, con percentuali variabili di argille e limi, lungo la costa settentrionale. Le analisi mineralogiche indicano la presenza di un apprezzabile quantità di smectite, minerale caratterizzato da una elevata capacità di trattenere o adsorbire metalli pesanti e sostanza organica nella sua struttura (Castellani *et al.*, 2005).

Nell'ambito delle indagini geofisiche effettuate da ISMAR-CNR nel 2005, l'analisi dei profili di ^{210}Pb e ^{137}Cs su carote di sedimento ha permesso di stimare la velocità di sedimentazione degli ultimi 50-100 anni, che risulta mediamente pari a circa 0,3 cm/anno. Tale valore risulta superiore ai ca. 0,1 cm/anno, stimati indirettamente sulla base del trasporto solido dei torrenti presenti all'interno del bacino (Prov. PG-CIPLA-UniPG, 2003).

Per quanto riguarda gli interventi sui sedimenti lacustri, nell'ambito del progetto S.I.G.L.A. (1995) è stato proposto un approccio integrato. In particolare la rimozione dei sedimenti dovrebbe essere effettuata solo in alcune zone critiche, mediante tecnologie che minimizzino l'impatto ambientale conseguente a questo tipo di operazione. Questo dovrebbe avvenire all'interno di un più ampio progetto di riduzione del carico dei nutrienti confluenti al bacino. Nel "Piano per la riduzione degli apporti solidi al lago Trasimeno" (Prov. PG-CIPLA-UniPG, 2003), viene evidenziata l'importanza di effettuare una attenta valutazione dei possibili impatti ambientali conseguenti alla rimozione dei sedimenti. Tra le soluzioni proposte per la riduzione del carico solido verso il lago, vi è l'escavazione di alcune vasche di colmata nei pressi delle foci dei torrenti della costa sud-occidentale, unitamente all'esecuzione di barriere semisommerse in terra ricoperte da canneto.

In conclusione, gli studi svolti in questi anni hanno permesso di ottenere una discreta caratterizzazione chimico-fisica dei sedimenti. Tuttavia per quanto riguarda il meccanismo di scambio dei nutrienti tra acqua e sedimento, deve essere ancora esaminata con maggiore dettaglio l'influenza dalle variazioni ambientali (climatiche, idrologiche), sia su scala stagionale che diurna. In particolare, deve essere indagata l'interdipendenza tra caratteristiche chimico-fisiche di sedimenti e acque, concentrazione dei gas disciolti e attività della vegetazione sommersa, nella sottile zona di interfaccia acqua-sedimento. Infine, lo studio e la caratterizzazione chimico-fisica dei sedimenti lacustri nei diversi settori del lago, potrebbe fornire indicazioni utili alla comprensione di problematiche che riguardano anche altre tematiche ambientali (es. regressione canneto, variazione negli anni del tasso di interramento lago).

2.5 Il fitoplancton e lo zooplancton

II fitoplancton comprende organismi uni o pluricellulari il cui ruolo è fondamentale per la vita nelle acque, costituendo, come produttori primari, la base della piramide alimentare. La presenza del fitoplancton è limitata alla zona eufotica, dove può essere raggiunto dalla luce solare che permette lo svolgimento dei processi fotosintetici.

Lo zooplancton, invece, è rappresentato da organismi consumatori, dotati di movimento e generalmente microscopici, che fluttuano nello spessore dell'acqua. Lo zooplancton costituisce un anello importante nelle reti trofiche degli ecosistemi lacustri contribuendo a trasferire, nella catena del pascolo, la sostanza organica dal fitoplancton ai livelli trofici superiori e, nella catena del detrito, a riciclare la sostanza organica in decomposizione.

La composizione delle comunità planctoniche è il risultato dinamico delle complesse relazioni tra gli organismi viventi e fra questi e l'ambiente. Il bilanciamento tra le varie componenti biotiche è sempre fluttuante: ad ogni variazione di una o più componenti corrispondono *reazioni* o *compensazioni* degli altri fattori; se le oscillazioni dell'insieme superano i limiti di tolleranza viene provocata la rottura del sistema esistente, causando spesso modificazioni tali nelle comunità con ripercussioni negative anche per l'uomo.

Dato il ruolo fondamentale che tali componenti rivestono come indicatori dell'andamento degli equilibri ecosistemici, il plancton è stato da sempre oggetto di studio per la conoscenza delle condizioni del lago Trasimeno. Ai fini del progetto, sono stati presi in esame i documenti ritenuti più significativi redatti negli ultimi 50 anni.

Importanti risultati sono stati conseguiti già a partire dal 1971 (Taticchi *et al.*), in cui si evidenziava come l'ambiente lacustre presentasse un equilibrio precario e disarmonico, legato soprattutto alla preponderanza della comunità fitoplanctonica su quella zooplanctonica. La produttività primaria, pertanto, non era tenuta sotto controllo dai consumatori primari, come invece accade in ambienti oligo-mesotrofici (Hamza *et al.,* 1995) evidenziando fenomeni di eutrofizzazione in atto. La tendenza verso uno stato eutrofico era avvalorato, inoltre, dalla consistente presenza di specie zooplanctoniche detritivore limicole e batteriovore. Tali fenomeni, unitamente ai cambiamenti subiti dalle popolazioni e comunità planctoniche rispetto alle segnalazioni effettuate da Cianficconi (1968) nel 1961-65, hanno portato l'autore a concludere che l'eutrofia del lago poteva andare incontro a peggioramenti nel corso degli anni.

Il fenomeno veniva evidenziato anche da Trevisan in uno studio effettuato nel 1977. L'autore, sulla base dei dati di biomassa relativi alle popolazioni fitoplanctoniche evidenziava una condizione di elevata eutrofia presso le stazioni la Valle e Monte del Lago. Condizioni leggermente migliori venivano osservate presso la stazione di Centro Lago (fase di transizione tra meso ed eutrofia).

Nel 1992, un ulteriore studio condotto da Taticchi sulle popolazioni planctoniche nella zona pelagica e nella zona neritica, riconfermava la ridotta densità di zooplancton rispetto alla componete fitoplanctonica. Oltre a ciò, l'autore osservava una preponderante presenza di ultra-zooplancton e, in estate, una forte crescita di Cianoficee, confermata da elevati valori di clorofilla "a", tutti segni tipici di uno stato trofico elevato.

Nel 1995 Hamza *et al.* effettuarono uno studio sul consumo di fitoplancton (*grazing*) esercitato dallo zooplancton erbivoro. L'indagine si era proposta di chiarire se la presenza di alcune sostanze

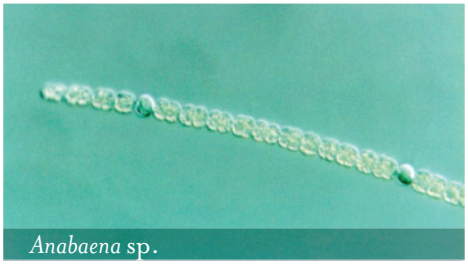
chimiche potesse influenzare le comunità planctoniche. La bassa pressione di *grazing*, legata alla scarsa presenza di consumatori primari (14-26% di biomassa rispetto ai produttori primari), portava a concludere nuovamente che il lago manifestava chiari segni di eutrofia. Il fenomeno veniva collegato alla presenza di notevoli quantità di detrito organico in sospensione, che, inevitabilmente, favoriva lo sviluppo di planctonti detritivori a discapito dei fitofagi; per tale motivo il fitoplancton, non era soggetto ad un *grazing* significativo.

Anche in questo caso, dunque, veniva segnalata una condizione di eutrofia, malgrado fossero state rilevate nell'acqua concentrazioni di fosforo insignificanti. Il fenomeno poteva essere attribuito alla elevata capacità dell'elemento di legarsi ai sedimenti; l'ossigenazione continua dell'interfaccia sedimento-acqua provocata dalle macrofite, inoltre, avrebbe contribuito al mancato rilascio del fosforo nella matrice acquosa. Secondo gli autori, quindi, la forte eutrofizzazione del lago potrebbe essere mascherata dal mancato ritrovamento di fosforo nelle acque, conclusione a cui è pervenuto anche Morozzi (1996) in uno studio dedicato al problema.

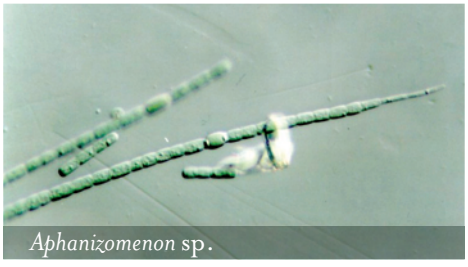
A partire dal 1992, in seguito a direttive ministeriali, gli organi istituzionali iniziarono a controllare se le condizioni trofiche del lago Trasimeno potessero favorire l'insorgenza di fioriture di cianobatteri potenzialmente produttori di sostanze tossiche e cancerogene. Il riscontro di *blooms* di cianofite nel periodo tardo estivo e autunnale, portò all'attuazione di un programma di monitoraggio conforme alle linee guida del Ministero della Sanità (Piano di controllo dell'eutrofizzazione), che prevedevano il riconoscimento e il conteggio delle alghe azzurre e il rilevamento di clorofilla "a", pigmento largamente presente nei cianobatteri ed utilizzato come indicatore della loro presenza.

Dai monitoraggi effettuati dal LESP e da Arpa Umbria nei mesi di agosto e/o settembre-ottobre sono state costantemente rilevate, in concomitanza con le fioriture di cianobatteri, concentrazioni di clorofilla "a" molto elevate, a conferma della presenza di fioriture di cianobatteri.

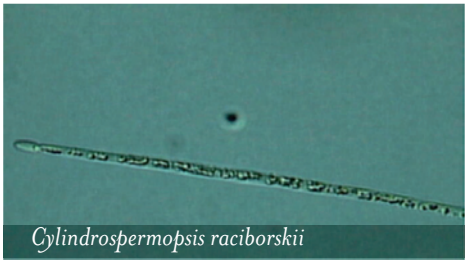
In quel periodo, a partire dalla fine degli anni '90, si rilevava una consistente presenza di *Cylindrospermopsis raciborskii*. Altre specie presenti erano, e lo sono a tutt'oggi, *Aphanizomenon* spp., *Microcystis aeruginosa*, *Leptolyngbia* spp., *Gleiterinema* spp., *Planktothrix agardhii*, *Anabaena circinalis*, *Anabaena spiroides*, ecc (fig. 1).



Anabaena sp.



Aphanizomenon sp.



Cylindrospermopsis raciborskii

Fig. 1:
Cianoficee potenzialmente produttrici di tossine

In uno studio effettuato da Ventura nel 2003, è stato osservato come la fioritura estiva di cianobatteri fosse composta da una notevole varietà di specie, tra cui forme potenzialmente produttrici di tossine: *Microcystis spp., Snowella spp., Planktothrix spp., Oscillatoria spp., Aphanizomenon spp.* e *Cylindrospermopsis raciborskii* (fig. 2).

La specie *Cylindrospermopsis raciborskii* è nota per la sua elevata tossicità, malgrado la continua e massiccia comparsa di fioriture algali estive o tardo autunnali (anche molto abbondanti), la presenza di tossine è risultata sempre inferiore ai limiti di concentrazione ritenuti pericolosi per la balneazione dall'OMS (Funari, 2003).

In fig. 3 viene mostrato l'andamento della clorofilla "a" nel periodo 1995-2009.

I picchi estivi-autunnali sono chiaramente evidenti soprattutto negli anni 19996, 1997, 2004, 2005 e 2008.

In conclusione, l'analisi dei contenuti di varie pubblicazioni e rapporti ha evidenziato come la comunità planctonica abbia subito costanti variazioni nel

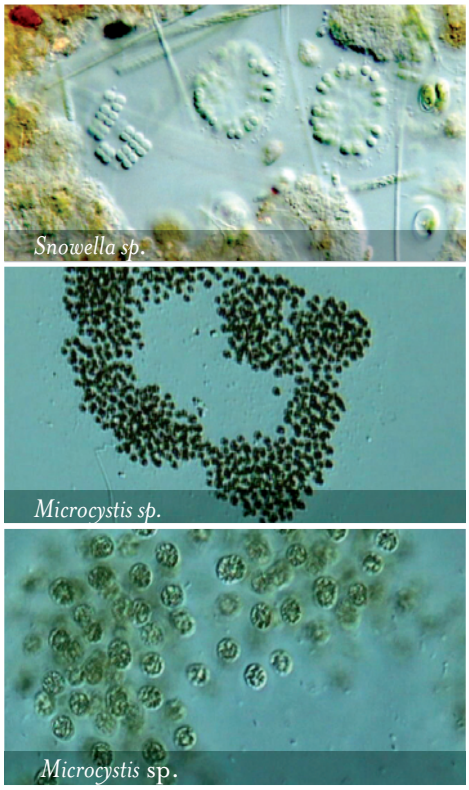


Fig. 2:
Cianoficee potenzialmente produttrici di tossine

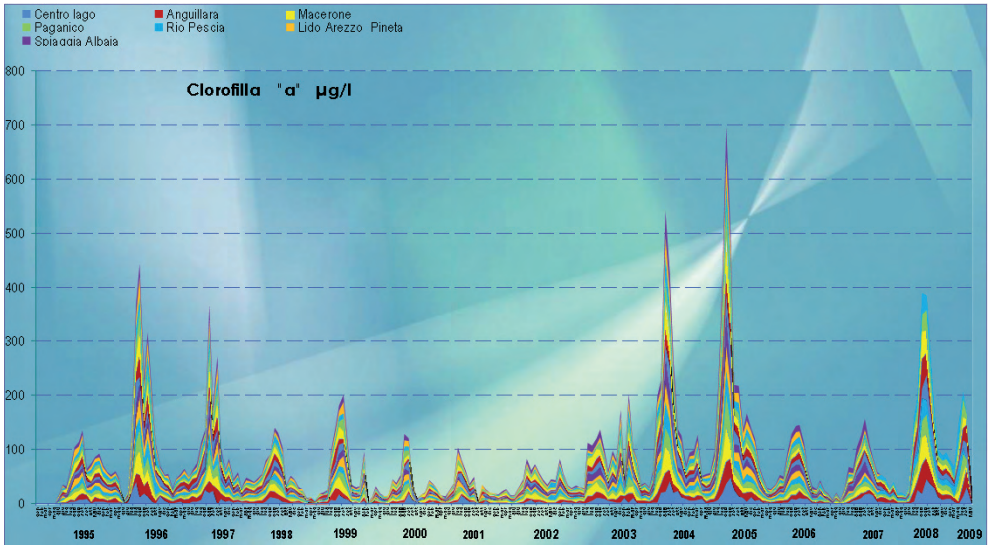


Fig. 3

Andamento della clorofilla "a" nel periodo 1995-2009. Rilevamenti mensili nei mesi invernali e primaverili, bimensili nei mesi estivi e autunnali

tempo, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo.

L'evoluzione del lago verso condizioni di eutrofia o ipertrofia formulata dai ricercatori sopra citati sulla base degli andamenti delle comunità planctoniche in generale sembrano trovare conferma anche dai risultati dei monitoraggi istituzionali sui cianobatteri.

2.6 Le comunità bentoniche

Le comunità bentoniche sono spesso utilizzate come bioindicatori per la differente sensibilità delle specie alle varie pressioni ambientali. Tali popolazioni, relativamente sedentarie, vivono nei sedimenti o sulla loro superficie e sono soggette non solo alle variazioni chimico-fisiche legate all'ambiente acquatico, ma anche alle variabili ecologiche connesse ai sedimenti. Molti macroinvertebrati, inoltre, costituiscono una componente importante nella dieta della fauna ittica e, quindi, un anello indispensabile nella catena alimentare.

Pertanto, dato il ruolo fondamentale che tali comunità rivestono nell'ambiente lacustre, sono state spesso oggetto di studio, anche se con minor frequenza e sistematicità rispetto agli indicatori precedentemente trattati.

Dagli studi presi in considerazione (Moretti, 1954; Tinarelli, 1962; Di Giovanni, 1971; Cianficconi e Corallini Sorcetti, 1988, Moretti *et al.*, 1992; Todini e Piersanti, 2003) è stato possibile distinguere tre periodi temporali (1949-1957; 1958-1971; 2000-2007) significativi per continuità di indagine e rappresentativi dell'andamento della bentofauna trasimenica nel tempo. I risultati presentati dai vari autori hanno evidenziato come, nel corso degli anni, si sia verificata una decisa regressione dei *taxa* macrobentonici: dalle 25 famiglie campionate nell'arco di tempo 1949-1957, si è passati, infatti, alle 23 famiglie rilevate nel periodo 1958-1971, fino ad arrivare alle 17 famiglie censite tra il 2000 e il 2007 (fig. 4).

Inoltre, come si evince dal grafico di fig. 5, è stata osservata una progressiva contrazione quali-quantitativa dei *taxa* che rientrano nelle 6 classi osservate nel Trasimeno. In particolare, la Classe degli Insetti è passata dalle 14 famiglie rilevate nei primi due periodi temporali alle 7 campionate tra il 2000-2007, con la scomparsa di individui delle famiglie più sensibili ai carichi organici e alla riduzione dell'ossigeno disciolto (Tricotteri, Neurotteri).

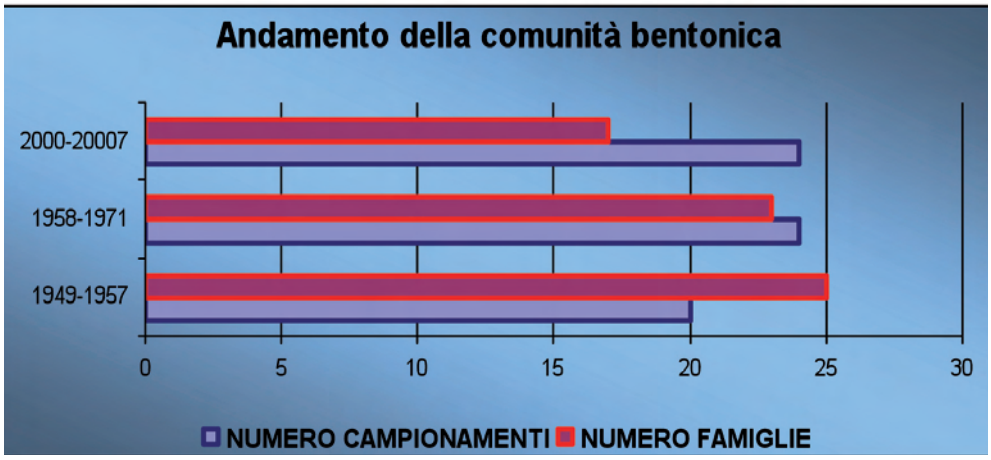


Fig. 4

Andamento della comunità bentonica nel periodo 1949-2007

Dal punto di vista del regime trofico, la comunità bentonica, costituita da due componenti fondamentali, carnivori e detritivori, appare oggi privata di una quota rilevante di predatori, più sensibili ad alterazioni ambientali, a favore degli organismi detritivori, ben adattati a fondi limosi ed anossici (fig. 6).

In particolare, nel 1993 (Di Brizio *et al.*) è stata segnalata una massiccia presenza di *Chironomus thummi plumosus*, dittero tipico di substrati anossici e ricchi di sostanza organica in decomposizione. Studi successivi hanno confermato come l'organismo si sia stabilizzato nell'ecosistema lacuale, con tutte le problematiche connesse per la popolazione rivierasca nei periodi di sfarfallamento. Il problema sanitario derivante dal fenomeno è stato affrontato da un progetto specifico redatto dal settore Prevenzione della AUSL 2, in collaborazione con l'Amministrazione Provinciale, con l'Assessorato alla Sanità e il Dipartimento della protezione Civile della Regione dell'Umbria, con la validazione dell'Ente Parco del lago Trasimeno e dalle Amministrazioni dei comuni rivieraschi (Progetto: "Il controllo dei chironomidi al lago Trasimeno", 2004).

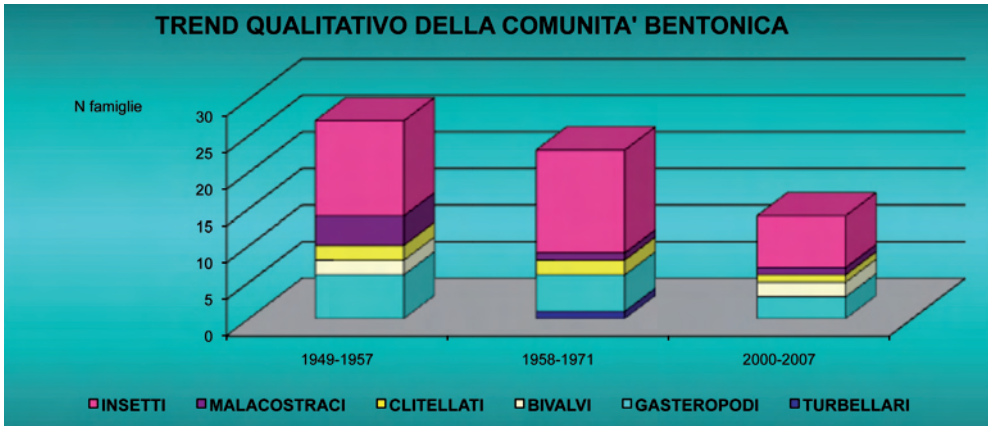


Fig. 5:

Trend qualitativo della comunità bentonica

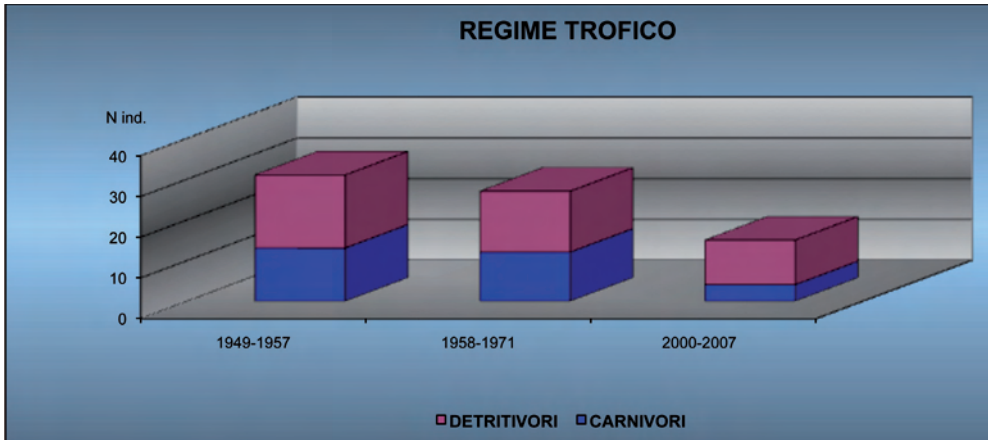


Fig. 6:

Rapporti tra organismi macrobentonici carnivori e detritivori. Periodo 1949 – 2007

Infine, nel 1999 Spilinga *et al.* hanno osservato una massiccia colonizzazione nel lago di *Dreissena polymorpha*. Tale bivalve, altamente infestante e un tempo confinato nel bacino del Volga, fu involontariamente introdotto in Europa già a partire dal 1700. Le ripercussioni osservate sugli ecosistemi lacustri consistono soprattutto in:

- aumento della trasparenza dell'acqua derivante dalla filtrazione del seston con conseguente diffusione delle piante sommerse,
- modificazione di fondali limosi per accumulo di gusci vuoti dopo la morte dell'organismo, sedimentazione di materia organica e nutrienti derivanti dalle feci e pseudofeci;
- deposizione, dopo la morte, degli inquinanti accumulati per filtrazione, diminuzione delle concentrazioni dell'ossigeno disciolto dovuta ai processi respiratori e alla sottrazione del fitoplancton, formazione di grappoli pesanti sulle comunità macrofitiche, con possibili effetti sul galleggiamento delle idrofite (Cingolani *et al., 2004*) e colonizzazione sulle valve di Unio e Anodonta (grossi bivalvi), impedendo i loro processi vitali.

In conclusione, dal complesso degli studi effettuati sulla fauna macrobentonica del lago Trasimeno, si possono desumere alcune problematiche principali:

- incremento di specie tolleranti ai carichi organici e perdita di habitat e nicchie ecologiche, attribuibili sia alla crisi idrica che all'incremento di scarichi (civili, zootecnici e agricoli);
- massiccia colonizzazione di insetti molesti (*Chironomus thummi plumosus*) con implicazioni di tipo igienico-sanitario per la popolazione locale;
- introduzione di specie alloctone come *Dreissena polymorpha* (Spilinga *et al.*, 2000; Cingolani e Charavgis, 2004), in forte competizione con gli esponenti malacologici tipici del Trasimeno (*Anodonta anatina* e *Unio* spp.);
- necessità di monitoraggi regolari e reiterati nel tempo, utili a controllare l'efficienza dei piani di risanamento ambientale.

2.7 La fauna ittica e l'attività di pesca

L'ittiofauna rappresenta un elemento fondamentale per l'ecosistema lacustre, costituendo l'anello terminale della catena alimentare tipica dei laghi. La struttura della comunità ittica, pertanto, fornisce importanti informazioni sullo stato di qualità dell'ambiente acquatico, dal momento che la conservazione e lo sviluppo delle popolazioni dipendono dalla possibilità di avere a disposizione cibo adeguato, habitat idonei alla riproduzione, buona ossigenazione ecc.

Relativamente a questa componente sono stati reperiti numerosi lavori scientifici o tecnici, a testimonianza del grande interesse suscitato dall'argomento non solo per motivi ecologici, ma anche per questioni economiche. L'attività di pesca, infatti, riveste a tutt'oggi un ruolo fondamentale per le popolazioni locali.

Gran parte dei lavori riguarda la composizione delle popolazioni ittiche; altri si configurano come approfondimenti sul comportamento, regime alimentare, accrescimento, riproduzione, fisiologia e cause di malattie o di morie di singole specie.

I primi studi risalgono agli inizi e alla prima metà del novecento ad opera di vari autori come Polimanti e Gandolfi; il primo, appassionato di idrobiologia, fu anche il fondatore della Stazione Idrobiologica del Trasimeno presso Monte del Lago nel 1921, un tempo sede di una prolifica attività di ricerca

anche ad opera di esperti ecologi di fama internazionale.

Analizzando i lavori acquisiti è stato possibile ricostruire un quadro sull'evoluzione della fauna ittica e delle attività di pesca correlate.

Il Trasimeno, per le sue caratteristiche fisico-chimiche e morfologiche risulta colonizzato da una ricchissima vita animale e vegetale. È naturale, dunque, che l'abbondanza della fauna ittica abbia dato vita ad una fiorente attività di pesca professionale; negli anni '60 e '70 il pescato annuale ha più volte superato i 10.000 quintali.

Le informazioni esistenti, mostrano che le specie autoctone del lago originariamente erano limitate a sei: il luccio (*Esox lucius* L.), il cavedano (*Leuciscus cephalus* L.), la tinca (*Tinca tinca* L.), la scardola (*Scardinius erythrophthalmus* L.), l'anguilla (*Anguilla anguilla* L.) e la rovella o lasca (*Rutilus rubilio* Bp.). Quest'ultima si è estinta in tempi relativamente recenti, dato che figurava ancora nell'elenco delle specie censite da Moretti e Gianotti nel 1966. Le cause di tale scomparsa non sono del tutto chiare, ma sicuramente riconducibili a fenomeni di competizione-predazione dovuti all'immissione di specie alloctone (es. *Lepomis gibbosus* L.) e a mutamenti di tipo ambientale (Natali, 1993). Per quanto riguarda il luccio, ritenuto autoctono, la tradizione vuole che sia stato immesso nel 1358 dai Senesi, nell'intento di danneggiare i Perugini, perché con la sua voracità distruggesse la fauna ittica del lago (Moretti, 1977); tali riferimenti non trovano, tuttavia, fondamenti storici attendibili.

Le profonde trasformazioni subite dalla comunità ittica sono legate a diversi fattori: variazioni naturali o indotte dalle attività di pesca (prelievi massicci delle specie commerciabili), pratiche di ripopolamento (pesca sportiva, amatoriale e professionale), introduzioni intenzionali o accidentali di nuove specie, mortalità dovute a fenomeni inquinanti. La carpa regina (*Cyprinus carpio* L.), ad esempio, sembra essere stata introdotta nel 1710 (Stella, 1949) da parte del barone Ancaiani. Da allora la specie sarebbe entrata a far parte della comunità ittica del lago Trasimeno (Moretti, 1977), che vide il numero delle specie salire a sette (compresa la rovella ora scomparsa). Nel 1813 fu tentata l'introduzione della trota fario (*Salmo trutta* L.), ovviamente senza successo, per l'incompatibilità delle condizioni ambientali del lago con le esigenze di tale specie (Moretti, 1977). L'anguilla, che un tempo giungeva al lago dal mare risalendo il Tevere, con cui l'emissario era in comunicazione attraverso i torrenti Caina e Nestore, è ormai da tempo ostacolata nella rimonta per l'abbassamento del livello del lago, non più comunicante con l'emissario. La sua presenza, comunque, è garantita da immissioni di esemplari giovani. A partire dal 1917, anno di istituzione del Consorzio Pesca ed Acquacoltura del Trasimeno, iniziarono ricorrenti e, talvolta, massicci interventi di ripopolamento volti a sostenere e potenziare l'attività di pesca professionale, anche attraverso l'introduzione di nuove specie ritenute di maggiore interesse economico. A partire dagli anni '20 si sono susseguite con frequenza crescente le immissioni di persico sole, persico reale, gambusia e latterino.

Negli anni '60 si registrarono ulteriori cambiamenti: nel 1966 la comunità ittica del Trasimeno contava ben 17 specie, di cui sei indigene, sette esotiche acclimatate e quattro esotiche non acclimatate (Moretti e Gianotti, 1966). Alcune specie esotiche sembravano giunte al lago in modo accidentale, ad esclusione del persico reale, della carpa e della gambusia, introdotte dai pescatori.

In tab. 1 vengono riportati i censimenti effettuati nel tempo da vari autori.

La famiglia più rappresentata è da sempre quella dei Ciprinidi, ben adattabili alle caratteristiche di un lago laminare ed eutrofico come il Trasimeno.

La lista degli esemplari esotici acclimatati si è arricchita da non molto tempo delle seguenti specie: pesce gatto, carassio dorato, persico trota ed alborella, il cui incremento numerico è risultato talmente rapido da costituire un grave problema per le poche specie autoctone, svantaggiate dalla competizione per gli habitat e per il cibo. In particolare, una ricerca condotta da Lorenzoni *et al.* (1999) ha evidenziato come vi sia una sovrapposizione della dieta del persico trota con quella del luccio, tale da indurre una forte interazione negativa fra le due specie predatrici ittiofaghe, a svantaggio del luccio.

Un lavoro più recente condotto dall'Istituto di Idrobiologia dell'Università di Perugia (Lorenzoni *et al., 2005*), ha messo in luce come gravi problemi siano insorti in seguito all'introduzione del carassio dorato (*Carassius auratus L.*). La specie, infatti, è risultata molto invasiva per la notevole tolleranza all'inquinamento, per la sua elevata fecondità e per l'ampio spettro alimentare. In pochi anni è diventata la specie ittica più abbondante, costituendo una vera e propria minaccia per i Ciprinidi indigeni, con i quali compete per il cibo.

I ricercatori di Idrobiologia, pertanto, hanno presentato numerosi progetti e programmi per il contenimento o, addirittura, per l'eradicazione della specie.

Tabella 1- Censimenti effettuati nel tempo relativi alla fauna ittica

Famiglia	*17 specie (Moretti, 1966)*	*19 specie (Natali, 1988)*	*19 specie (Natali, 1993)*
ESOCIDAE	*Esox lucius* L.	*Esox lucius* L.	*Esox lucius* L.
CYPRINIDAE	*Rutilus rubilio* Bp. *Leuciscus cephalus* L. *Tinca tinca* L. *Scardinius erytrophthalmus* L. *Cyprinus carpio* L.	*Leuciscus cephalus albus* Bp. *Tinca tinca* L. *Scardinius erytrophthalmus* L. *Cyprinus carpio* L. *Alburnus alburnus alborella* De Fil. *Carassius carassius L.* *Carassius auratus L.* *Ctenopharyngodon idella* Val.	*Leuciscus cephalus* L. *Tinca tinca* L. *Scardinius erytrophthalmus* L. *Cyprinus carpio* L. *Alburnus alburnus alborella* De Fil. *Carassius auratus* L. *Ctenopharyngodon idellus* Val. *Pseudorasbora parva* Schlegel
COBITIDAE	*Cobitis taenia* L. *Sabanejewia larvata* De Fil.	*Cobitis taenia bileneata* Cnstr.	*Cobitis taenia* L.
IACTALURIDAE		*Iactalurus melas* Raf.	*Iactalurus melas* Raf..
ANGULLIDAE	*Anguilla anguilla* L.	*Anguilla anguilla* L.	*Anguilla anguilla* L.
POECILIDAE	*Gambusia holbrooki* Gir	*Gambusia affinis holbrooki* Gir.	*Gambusia holbrooki* Gir.
MUGILIDAE	*Mugil cephalus* L. *Liza ramada* Risso *Liza aurata* Risso *Chelon labrosus* Risso	*Mugil cephalus* L.	
ATHERINIDAE	*Atherina boyeri* Risso	*Atherina boyeri* Risso	*Atherina boyeri* Risso
PERCIDAE	*Perca fluviatilis* L.	*Perca fluviatilis* L.	*Perca fluviatilis* L.
CENTRARCHIDAE	*Lepomis gibbosus* L.	*Lepomis gibbosus* L. *Micropterus salmoides* Lac.	*Lepomis gibbosus* L. *Micropterus salmoides* Lac.
GOBIDAE		*Knipowitschia panizzai* Verga	*Knipowitschia panizzai* Verga *Pomatoschistus canestrini*

Infine, in tempi recenti, un crostaceo originario della Louisiana, il gambero *Procambarus clarki*, ha avuto una rapida espansione nel lago Trasimeno per l'alto grado di adattabilità a condizioni ambientali a lui molto favorevoli. L'effetto di tale invertebrato sull'ecosistema lacustre è ancora tutto da indagare.

Per quanto riguarda l'andamento e la composizione del pescato nel Trasimeno, i dati storici esistenti dal 1959 al 1992 e dal 1999 al 2000 sono riportati nel lavoro della Provincia di Perugia (Progetto per la rivitalizzazione commerciale della pesca professionale del lago Trasimeno Provincia di Perugia e TSA,2001).

Nel lavoro viene evidenziato come nel periodo 1963-70 il pescato abbia subito un incremento notevole, con punte di oltre il triplo degli anni precedenti (1956-63), quando il lago raggiunse il massimo degrado ambientale (profondità massima inferiore ai 3 metri, instaurazione di condizioni distrofiche tipiche di ambienti palustri). Negli anni successivi al 1970, invece, è stata registrata una brusca caduta del pescato. Tale andamento, secondo Mearelli (1985), sembra seguire le variazioni idrometriche, ipotizzando uno stretto rapporto fra condizioni ambientali e livello produttivo del lago. Le diminuzione del quantitativo di pesce prelevato è continuata almeno fino al 2000 (da oltre 14.000 quintali a meno di 1.500 quintali). Tale fenomeno, secondo lo studio della Provincia di Perugia, non sembrerebbe dipendere da un decremento della fauna ittica, ma piuttosto dalla drastica diminuzione del numero di addetti alla pesca professionale, forse a causa della durezza e dell'incertezza del lavoro. L'andamento del pescato dal 1959 ad oggi viene illustrato nel grafico sottostante (fig. 7).

Dal complesso degli studi effettuati sulla fauna ittica del lago Trasimeno si possono trarre alcune conclusioni. In primo luogo, si evidenzia la necessità di attuare un continuo controllo sulla composizione e struttura della fauna ittica del lago Trasimeno, soggetta a notevoli cambiamenti, con ripercussioni negative sui delicati equilibri dell'ecosistema lacustre. Ciò anche ai fini dell'attua-

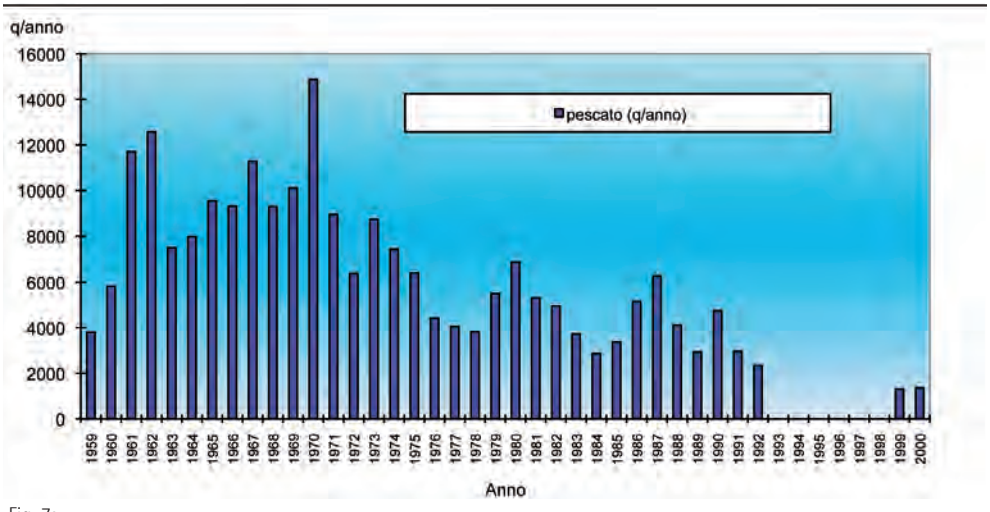


Fig. 7:
Andamento della cattura di specie ittiche. Anni 1959-2000. (Natali et al.)

zione della direttiva quadro sulle acque CEE 2000/60, che prevede l'utilizzo delle specie ittiche quali indicatori dello "stato di salute" dei laghi.

In secondo luogo, si auspica una maggiore sensibilizzazione sulle problematiche causate dai ripopolamenti, spingendo gli enti preposti a tale pratica e gli operatori dedicati alla pesca sportiva e professionale ad adottare sistemi gestionali delle risorse ittiche più idonei alla salvaguardia sia degli ecosistemi del Trasimeno che dei loro stessi interessi economici.

2.8 Le comunità macrofitiche del lago Trasimeno

Le fitocenosi che colonizzano lo specchio d'acqua e le sponde del Trasimeno rivestono un ruolo fondamentale all'interno dell'intero ecosistema lacuale fornendo riparo, habitat, nicchie ed ecotoni alla fauna acquatica e terrestre. Diversi studi ed indagini hanno contribuito a fotografare lo stato della vegetazione lacustre nel corso degli anni, attraverso il rilevamento e censimento delle specie e associazioni vegetali presenti.

I primi lavori reperibili sono stati effettuati nel 1895 da Cicioni e nel 1913 da Barsali, in cui venivano censite le specie macrofitiche presenti in quei periodi. Nei decenni successivi non sono stati rinvenuti studi sistematici sulla vegetazione litoranea e sommersa, se non all'inizio degli anni '60, in cui si inizia a valutare i percorsi evolutivi della flora acquatica del Trasimeno.

In un primo lavoro pubblicato da Di Giovanni nel 1961, al di là delle finalità che si proponeva (salvaguardia delle attività di pesca e navigazione), si metteva in luce come la flora lacustre nella seconda metà degli anni '50 avesse mostrato cambiamenti abbastanza repentini rispetto al decennio precedente, provocati da un brusco abbassamento del livello delle acque a causa di un periodo siccitoso. Tutto lo specchio lacustre era stato invaso da tappeti e praterie di idrofite costituiti soprattutto da erba rossa (*Myriophyllum spicatum*), favarolo (*Potamogeton perfoliatus*) e *Chara delicatula*. In concomitanza gli strati superficiali delle acque venivano colonizzati in modo cospicuo da specie planctoniche di cianobatteri, tra cui *Oscillatoria* sp., *Microcystis aeruginosa* e *Aphanizomenon ovalisporum*. Oltre a ciò, il ridotto spessore delle acque nelle aree antistanti la zona riparia permetteva al canneto di penetrare all'interno dello specchio lacustre allargando consistentemente la fascia della vegetazione elofitica. A causa dei fenomeni di "impaludamento", inoltre, veniva segnalato un aumento considerevole dei trampolieri che, cibandosi prevalentemente di pesce, sembravano costituire un'ulteriore minaccia per la fauna ittica. È interessante notare come l'insieme dei fenomeni fosse considerato estremamente negativo: da una parte promotore di degrado ambientale, dall'altra di intralcio agli interessi economici delle popolazioni rivierasche. Venivano, pertanto, accolti con favore gli interventi già effettuati dagli enti locali per il contenimento della flora idrofitica (uso di diserbanti) o quelli ancora da effettuare (acquisto di mezzi meccanici come taglierine ecc.).

Nel lavoro successivo pubblicato sempre nel 1961 l'autore ha messo in evidenza come l'allaccio di torrenti della Valdichiana al lago avessero provocato una forte diminuzione della trasparenza e, dopo qualche tempo, anche una regressione dei massicci insediamenti di piante acquatiche, determinandone l'impoverimento o la scomparsa in vaste aree lacuali. Il decremento più significativo veniva registrato per le specie *Myriophyllum spicatum* e *Potamogeton perfoliatus*, idrofite considerate invasive e dan-

nose per la pesca. In effetti il fenomeno sembrava aver avuto una ricaduta positiva sull'andamento delle attività di pesca invernali.

Qualche anno più tardi, nella ricerca di Taticchi (1963-65), prevalentemente rivolta a studi specifici sulle comunità zooplanctoniche e bentoniche, venivano evidenziati gli effetti tardivi dell'adduzione al lago dei torrenti della Valdichiana sulla vegetazione macrofitica della zona litoranea; l'allargamento del perimetro lacustre aveva provocato una progressiva e massiccia colonizzazione da parte dell'*hydrophyton* (canneto, tifeto, giuncheto, lamineto, potamogetoneto, ceratofilleto) delle aree rivierasche da poco sommerse dalle acque apportate.

A partire dal 1965 alcuni degli studi presi in esame sulla vegetazione idrofitica hanno focalizzato l'attenzione su censimenti di specie e fitocenosi, assumendo un carattere prettamente botanico.

In primis, Granetti (1965) si era proposto di fotografare lo stato della vegetazione lacustre e di ricostruire un quadro sintetico sulle trasformazioni a cui la flora acquatica era andata incontro nell'arco di 80 anni. L'autore ha messo in evidenza come le modificazioni della vegetazione idrofitica del Trasimeno fossero fortemente legate alle vicende idrologiche a cui era andato incontro il lago dal 1898 al 1964 (anno in cui il livello del lago raggiunse nuovamente lo sfioratore dopo 40 anni di magra). L'autore individuava nelle ricorrenti modificazioni dell'estensione dello specchio lacustre e del suo spessore la causa principale delle continue alterazioni degli habitat. Al momento dell'indagine, in seguito all'aumento di livello delle acque, la vegetazione elofitica continuava ad espandersi verso le aree coltivate; la vegetazione idrofitica, invece, dopo una massiccia espansione negli anni 1941-1959 fin nella zona pelagica (periodo siccitoso), era andata incontro ad un notevole ridimensionamento.

L'autore segnalava l'assenza di circa 30 specie rispetto a quanto osservato da Cicioni nei rilievi effettuati alla fine dell'Ottocento e da Barsali all'inizio del Novecento (*Nuphar luteum*, *Caltha palustris*, *Hyppuris vulgaris*, *Potamogeton graminea*, *Sagittaria sagittaefolia, Zannichellia palustris*, *Helodea canadensis* ecc.). Veniva, inoltre, evidenziato come altre specie fossero divenute sempre più rare e a rischio di estinzione, come *Nymphaea alba*, alcune specie di *Ranunculus*, ecc.

Un altro lavoro importante, finalizzato a valutare i cambiamenti della comunità macrofitica del Trasimeno, è stato effettuato da Orsomando e Catorci con la "Carta della Vegetazione del Comprensorio Trasimeno" redatta nel 1991. Per ogni associazione vegetale veniva fornito un quadro sullo stato di conservazione, diffusione, composizione floristica ed eventuali variazioni subite rispetto agli anni precedenti. Nel lavoro è stato messo in evidenza come il progressivo aumento dell'impatto antropico avesse ridotto consistentemente le aree occupate dalla vegetazione umida e palustre, rispetto a quanto descritto nei lavori di Cicioni (1895) e Granetti (1965). In particolare, la regressione della vegetazione macrofitica, accompagnata, spesso, da una semplificazione delle fitocenosi e perdita di biodiversità, veniva sottolineata per le associazioni *Mentho aquaticae-Caricetum pseudocyperi*, *Hydrocharitetum* e *Riccietum fluitans.*

Numerosi erano i fenomeni di degrado riscontrati: forte squilibrio tra le aree antropizzate e naturali o seminaturali, alterazione delle zone planiziarie con riduzione dei boschi e brughiere a calluna, pratiche silvo-colturali, distruzione della vegetazione ripariale, apertura cave, abbandono dei castagneti, estinzione di specie rare ed introduzione di specie esotiche attorno al lago ecc.

Nei lavori di Cecchetti *et al.* (2005) e di Cecchetti e Lazzerini (2007) sono stati inventariati gli habitat di interesse comunitario, le cenosi vegetali e le specie macrofitiche del lago, allo scopo di creare una banca dati informatizzata e aggiornabile sulla vegetazione lacustre relativa all'area del Parco del Trasimeno. Le informazioni sono state raccolte in schede descrittive riguardanti classificazione, distribuzione ed estensione della flora acquatica e riparia. I dati raccolti sulle idrofite sono stati utilizzati per il calcolo dell'indice macrofitico *TRS (Trophic Ranking Score)*, allo scopo di valutare il grado di trofia del lago Trasimeno attraverso la composizione delle comunità acquatiche rilevate. Dall'applicazione dell'indice è risultato che il lago versa in condizioni di eutrofia.

Nelle figure 8 e 9 si è cercato di confrontare i risultati ottenuti dai rilievi fitosociologici eseguiti da Granetti nel 1965 e da Cecchetti *et al.* negli anni 2005-2007, focalizzando l'attenzione sulle specie e famiglie strettamente legate all'ambiente acquatico.

Dall'analisi dei dati si evidenzia come rispetto alle 36 famiglie osservate da Granetti, nel periodo 2005-2007 ne siano state osservate solo 26. Tra le dieci famiglie non segnalate di recente sono comprese le Scrophulariaceae, le Polygonaceae e le Nymphaeaceae. Va rilevato, tuttavia, che negli anni 2005-2007 sono state osservate 4 famiglie che non erano inserite nella lista del 1965 (Aspleniaceae, Callitricaceae, Cannabaceae e Cladophoraceae). Pertanto, complessivamente, nel primo periodo sono state individuate 36 famiglie, nel secondo periodo 30, come è riportato in fig. 8.

La fig. 8, inoltre, mette in evidenza come nel 1965 sia stato rilevato un numero di specie significativamente superiore a quello riscontrato recentemente (rispettivamente 100 contro 69).

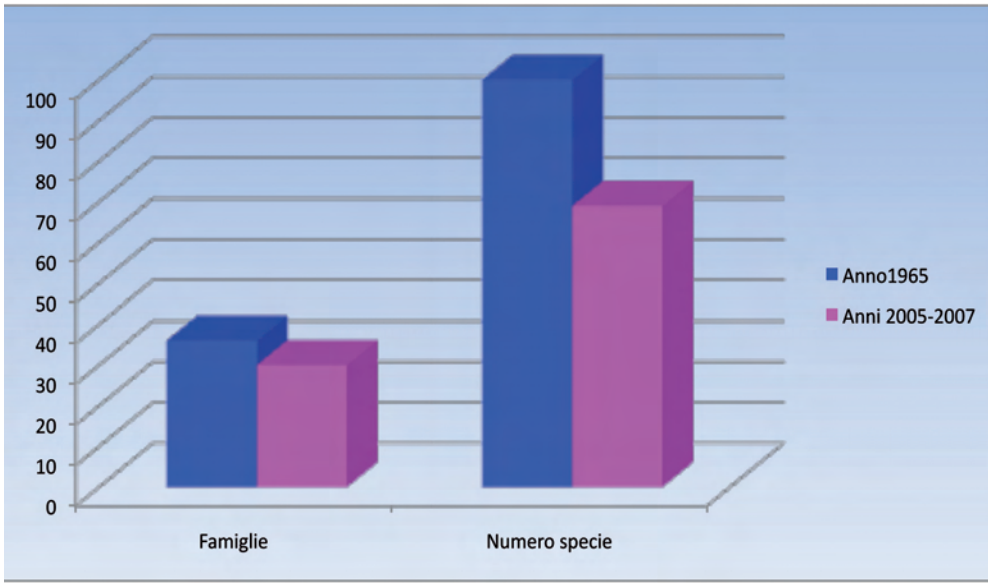


Fig. 8

Confronto tra il numero di famiglie rilevato nei due diversi periodi di studio (Granetti, 1965; Cecchetti et al., 2005 e Cecchetti e Lazzerini 2007)

In fig. 9 viene messo in evidenza la variazione del numero di specie all'interno delle famiglie osservate nei due studi. In particolare, si segnala la scomparsa di 4 specie appartenenti alla famiglia delle Ranunculaceae; tra queste assumono particolare importanza il *Ranunculus aquatilis tricophyllus* che un tempo, alla superficie dell'acqua, formava estese praterie particolarmente evidenti nel periodo della fioritura e il *Ranunculus sceleratus*, specie sopra-acquatica che adornava le sponde del lago. Oltre a ciò, il numero di specie presenti nelle famiglie rilevate in entrambi i periodi, nel 1965 risulta sempre superiore o uguale rispetto a quello registrato negli ultimi anni. Fa eccezione la famiglia delle Hydrocharitaceae, con il recente rinvenimento di *Elodea canadensis*. Per quanto riguarda le Characeae, invece, il confronto nel grafico viene falsato, in quanto nel 1965 il riconoscimento è stato effettuato fino al livello di genere, mentre nello studio più recente gli autori sono arrivati fino al livello di specie.

Anche nello studio effettuato da *Legambiente, Università degli Studi di Perugia e Comunità Montana Monti del Trasimeno* nell'ambito del progetto "Ripristino habitat e conservazione ardeidi sul lago Trasimeno" (2006), sono stati descritti e inventariati gli habitat di interesse comunitario o di rilevante importanza naturalistica presenti nello specchio lacustre e le cenosi vegetali che li

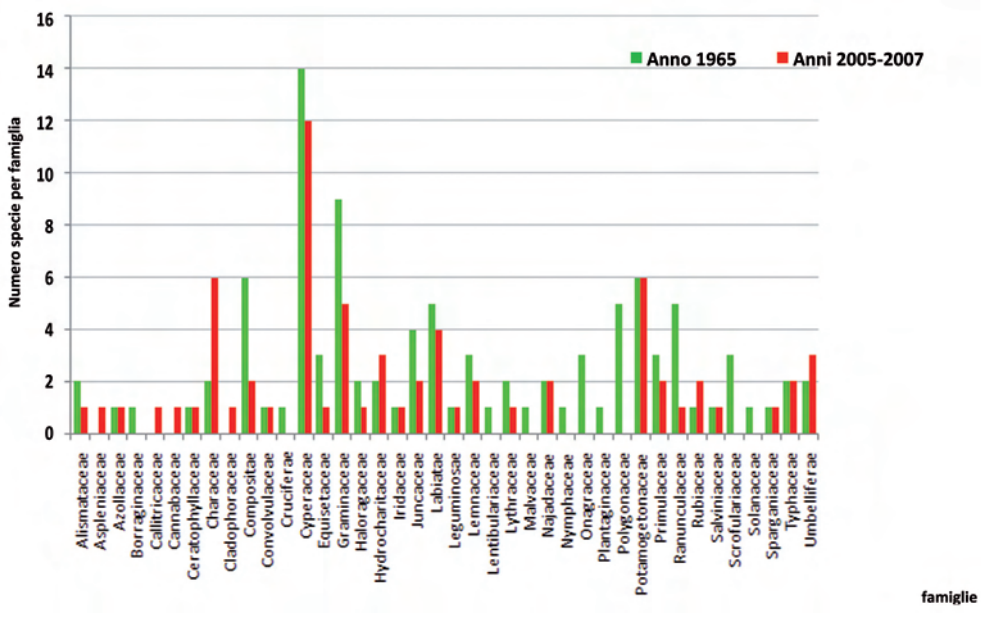


Fig. 9:

Confronto tra il numero di specie per famiglia descritto da Granetti nel 1965 e quello registrato complessivamente nei lavori di Cecchetti et al. nel 2005 e Cecchetti & Lazzerini nel 2007

compongono. Dal quadro conoscitivo è emerso come il lago Trasimeno sia caratterizzato da un ricco complesso di habitat di notevole rilevanza naturalistica e da una buona biodiversità, ma anche come siano presenti molti elementi di rischio che indicano una situazione di marcata vulnerabilità dell'ecosistema lacustre.

Un discorso a parte merita la situazione del canneto, oggetto di numerosi dibattiti, anche contrastanti, nel corso degli anni. Tra i molteplici studi esistenti sull'argomento, in questa sede sono stati presi in considerazione due lavori riguardanti lo stato della vegetazione elofitica e le tecniche di gestione più appropriate: "*Utilizzo del GIS nella valutazione spazio temporale della vegetazione palustre in un settore del lago Trasimeno in relazione ai fattori antropici*" (Venanzoni e Rampiconi, 2001), "*Intervento di riqualificazione del canneto per la conservazione della biodiversità del lago Trasimeno*" (Venanzoni *et al.*, 2008).

Nella prima indagine, risalente al 2001, Venanzoni e Rampiconi hanno effettuato uno studio pilota in un'area della lunghezza di circa 4 km compresa tra Castiglione del Lago e Borghetto di Tuoro. Obiettivo del lavoro era quello di valutare le trasformazioni subite dalle zone colonizzate dai canneti e dai prati umidi nel periodo compreso tra il 1957 e il 1994.

Gli autori hanno notato che nel 1957 la fascia elofitica veniva descritta come un'area estesa per 50 ettari e ricca di associazioni vegetali ben articolate e comprensiva di prati umidi. Nel 1972 il fragmiteto aveva guadagnato terreno, estendendosi per circa 78 ettari lungo la fascia costiera in modo omogeneo. L'espansione era dovuta all'aumentato livello delle acque che aveva spinto il canneto sia verso il lago (con la scomparsa della spiaggia antistante) che verso l'area occupata dai prati umidi, ridimensionata pesantemente dato che tali formazioni erano impossibilitate ad arretrare per l'avanzamento dei campi coltivati. Nel 1994, infine, la vegetazione palustre presentava la minore estensione registrata nei tre periodi, pari a 44,5 ettari. La vegetazione elofitica, infatti, non poteva svilupparsi all'interno dello specchio lacustre a causa dell'innalzamento del livello delle acque, né, tantomeno, verso la terraferma dove i campi coltivati avevano continuato ad espandersi; a questo punto i prati umidi e di transizione erano definitivamente scomparsi.

A conclusione del lavoro gli autori hanno rimarcato l'importanza di ripristinare, almeno in parte, le aree umide prative, ambienti di transizione particolarmente importanti per la tutela della biodiversità. La possibilità di recuperare tali formazioni senza eccessivo impegno era stata dimostrata da uno studio sperimentale condotto da Apruzzese e al. tra il 1998 e il 2000 a Castiglione del lago; l'autore, tenendo sotto osservazione un'area sottratta alle coltivazioni agricole, aveva potuto constatare una progressiva ricolonizzazione spontanea di specie floristiche e vegetazionali tipiche dei prati umidi.

Nel secondo lavoro (Venanzoni *et al.*, 2008 "Intervento di riqualificazione del canneto per la conservazione della biodiversità del lago Trasimeno" su commissione della Provincia di Perugia), è stato effettuato uno studio sullo stato di conservazione del canneto. Infatti da tempo vi erano state segnalazioni riguardanti alcuni sintomi di sofferenza a carico dell'ecosistema (scarsa vitalità del canneto e modesta ricolonizzazione delle aree spondali venute in superficie nei periodi di crisi idrica). In particolare si voleva verificare se la *Phragmites australis* fosse andata incontro a fenomeni di declino e moria assimilabili alla sin-

drome *die-back* (moria) riscontrata nel Nord Europa. Le indagini hanno messo in luce l'effettiva presenza di alcuni sintomi di degrado a carico della specie in questione, riguardanti soprattutto anomalie nell'accrescimento e nella fioritura, nella presenza di *clumpimg* (accrescimento della cannuccia a gruppi), nella moria di gemme, ecc. La sintomatologia osservata, tuttavia, non si presentava così accentuata da giustificare una diagnosi definitiva; d'altro canto, l'evidente stato di sofferenza e compromissione del canneto non poteva essere ignorato.

Osservando l'ecosistema in generale, erano venuti alla luce altri problemi, relativi soprattutto a fenomeni di banalizzazione floristica e invasione di specie sinantropiche, con conseguente alterazione delle fitocenosi naturali. Da un attento esame delle caratteristiche ambientali e antropiche delle stazioni monitorate, è stato redatto un elenco delle potenziali fonti di impatto, tra cui le più salienti riguarderebbero gli scarichi organici, un uso eccessivo o improprio di fitofarmaci e diserbanti in agricoltura, l'alterazione del profilo della sponda per accumulo di materiale di riporto derivante dalla lavorazione dei campi, l'azione dei venti e del moto ondoso, la sommersione prolungata e il disturbo da eccessiva frequentazione ed abbandono di rifiuti.

A conclusione dell'indagine sono state segnalate le linee di ricerca e di azione da adottare per migliorare lo stato di conservazione del canneto:

a. sfalcio periodico ed alternato del canneto con asporto del materiale per ridurre la frazione organica del sedimento;
b. istituzione di una fascia di rispetto di 25 metri a monte della linea demaniale per una ricolonizzazione spontanea della vegetazione e sfalcio pianificato con asporto;
c. posizionamento a terra della linea di massima piena consentita per confrontare la superficie del canneto misurata nello studio con l'area utilizzabile sulla base della normativa vigente;
d. riporto del materiale sfalciato nella fascia di rispetto all'interno dell'area ex-idroscalo;
e. riprofilatura dei tratti spondali degradati e impianto rizomi della *Phragmites australis*, controllo delle pratiche di incendio per piccole porzioni di canneto;
f. miglioramento delle acque reflue;
g. divieti di accesso per tutta la fascia di vegetazione palustre;
h. informazione e divulgazione;
i. coinvolgimento della popolazione con finanziamenti per attività connesse allo sfalcio e alla lavorazione della cannuccia.

In tutti gli studi esaminati viene evidenziato un progressivo degrado generalizzato dell'ecosistema lacustre e della vegetazione che lo caratterizza.

In generale, le problematiche evidenziate per il Trasimeno sono, da sempre, riconducibili sia al regime idrico fortemente irregolare del lago, sia alle varie forme di impatto antropico: immissione diretta o indiretta di sostanze derivanti da attività agricole, zootecniche, industriali, scarico diretto in corpo idrico di acque reflue urbane e domestiche, eccessivi attingimenti, avanzamento delle colture agrarie a scapito delle aree occupate dalla vegetazione ecc.

Le conseguenze che ne derivano sono molteplici:

- forte squilibrio tra le aree antropizzate e quelle naturali e seminaturali;
- diminuzione delle aree occupate dalla vegetazione umida e palustre;
- marcata semplificazione del paesaggio e frammentazione degli habitat;

- aumento del rischio di eutrofizzazione delle acque;
- riduzione di biodiversità specifica e cenotica;
- scomparsa di un preoccupante numero di entità floristiche nel corso dell'ultimo secolo;
- massiccia proliferazione e diffusione di specie nitrofile e infestanti;
- scomparsa di cenosi di elevato interesse naturalistico, quali quelle a prati umidi;
- compressione della copertura vegetale elofitica e conseguente riduzione dell'attività fitodepurativa normalmente svolta dalla vegetazione spondicola;
- frammentazione, assottigliamento e impoverimento floristico delle cenosi a *Phragmites australis*;
- formazioni monospecifiche a dominanza di *Phragmites australis*;
- fragilità della specie *Phragmites australis*.

2.9 Conclusioni

Le principali problematiche evidenziate nei vari lavori esaminati riguardano:

- *Oscillazioni del livello idrometrico*: le ricorrenti modificazioni dell'estensione dello specchio lacustre e del suo spessore hanno, da sempre, provocato continue alterazioni degli habitat, rappresentando una delle principali cause delle modificazioni delle cenosi lacustri;
- *Progressivo aumento dell'impatto antropico*: l'immissione diretta o indiretta di sostanze derivanti da attività agricole, zootecniche, industriali, lo scarico diretto in corpo idrico di acque reflue urbane e domestiche, gli eccessivi attingimenti, l'avanzamento delle colture agrarie e lo sfruttamento intensivo del territorio vengono individuati come fattori che concorrono al degrado generalizzato dell'ecosistema lacustre.

Alla luce delle criticità emerse e data la continua evoluzione delle componenti biotiche e abiotiche che caratterizzano il lago Trasimeno, sarà necessario impostare, da parte degli organi competenti, un programma di controllo sistematico finalizzato alla protezione ambientale di un'area acquatica individuata come parco.

La Direttiva Acque 2000/60, di fatto, obbliga le autorità addette al controllo, ad analizzare qualità delle acque e biodiversità secondo procedure validate e standardizzate che consentiranno di avere un quadro evolutivo aggiornato e continuo sulle condizioni del Trasimeno.

Tale impostazione consentirà di focalizzare le attività a rischio per il parco, per i suoi particolari habitat e per le specie protette; inoltre permetterà di individuare le aree con priorità di intervento per un miglioramento ambientale e magari spazi più ristretti in cui possa essere recuperata la naturalità preesistente.

Bibliografia

Apruzzese A., Gigante D., Venanzoni R. (2001) - *La ricolonizzazione di ex coltivi in ambiente perilacuale. Modalità di recupero della vegetazione semi-naturale e strategie di miglioramento*. Rivista di Idrobiologia, 40.

Arusia, UNIPG, Regione Umbria (1998) - *Progetto pluriennale di restauro naturalistico sperimentale: la reintroduzione dei prati umidi nell'area circumlacuale del Lago Trasimeno*. Seminario sul lago Trasimeno.

AUSL 2, Regione dell'Umbria, Provincia di Perugia, Università degli Studi di Perugia (2004) - *Il controllo dei chironomidi al lago Trasimeno"Dalla fase di sperimentazione al mantenimento del progetto Maggio 2007*.

Barsali E. (1913) - *Sulla macroflora del Lago Trasimeno o di Perugia*. Bull. Soc. Bot. Ital., 7-8

Burzigotti R., Dragoni W., Evangelisti C., Gervasi L. (2003) - "*The Role of Lake Trasimeno (central Italy) in the History of Hydrology and Water Management*". IWHA (International Water History association) 3rd International Conference: Alexandria, Egypt 11 - 14 December 2003.

CASTELLANI M., DRAGONI W., SETTI M., VINTI G. (2005) – *Preliminary results of a research on sediments of Lake Trasimeno,* Convegno Geoitalia 2005, Quinto Forum Italiano di Scienze della Terra, Spoleto 21 - 23 settembre 2005, Books of Abstracts. EPITOME, pag. 269.

CECCHETTI A., FICOLA M., LAZZERINI G., PEDINI A., SEGANTINI F. (2005) - *Vegetazione, habitat di interesse comunitario, uso del suolo del Parco del Lago Trasimeno*. Parco del Lago Trasimeno, Regione Umbria.

CECCHETTI A., LAZZERINI G. (2007) - *La vegetazione idrofitica del Lago Trasimeno – Campagna di monitoraggio 2007*. Parco del Lago Trasimeno, Regione Umbria.

CIANFICCONI F., CORALLINI SORCETTI C. (1988) - *Ripartizione delle comunità, tricotterologiche e coleotterologiche nelle tre Isole del lago Trasimeno*. Rivista di Idrobiologia, 27(2/3).

CICIONI G. (1895) - *La flora del Trasimeno: Osservazioni generali*. Perugia: Tip. V. Santucci, 1895. 8.

CINGOLANI L., CHARAVGIS F. (2004) - *Il lago Trasimeno ha un nuovo ospite*. Rivista Micron n.0.

CINGOLANI L., CHARAVGIS F., BODO, G., NERI N. (2004) - *Monitoraggio qualitativo dei corsi d'acqua superficiali individuati nel piano stralcio per il lago Trasimeno*. Arpa Umbria - Piano di tutela delle acque.

CINGOLANI L., PADULA R., DI BRIZIO M., CICCARELLI E. (2008) - *Eutrofizzazione del Lago Trasimeno: il problema delle fioriture algali*. Atti 14° Convegno di igiene Industriale. Corvara (BZ) 1-4 aprile 2008.

DE BARTOLOMEO A., POLETTI L., SANCHINI G., SEBASTIANI B., MOROZZI G. (2004) - *Relationship among parameters of lake polluted sediments evaluated by multivariate statistical analysis*. Chemosphere, 55.

DEFFENU L., DRAGONI W. (1978) - "*Caratteristiche idrogeologiche del Lago Trasimeno*". Mem. Soc. Geol. It., XIX.

DEFFENU L., DRAGONI W. (1978) - "*Idrogeologia del Lago Trasimeno*". Geol Appl. E Idogeol. XIII.

DRAGONI W., EVANGELISTI C. (1999) - "*Il problema del Lago Trasimeno*". Spazio Ambiente, 3, Perugia, pp. 14-17.

EVANGELISTI C. (2001) - "*Il lago Trasimeno: stato delle conoscenze e nuova modellizzazione idrogeologica*". Tesi di Dottorato in "Geologia applicata, geomorfologia e idrogeologia" XII Ciclo UniPG.

DRAGONI W. (2004) - "*Il Lago Trasimeno e le Variazioni Climatiche - The Lake Trasimeno and the Climatic Variations*". Progetto informativo dell'assessorato all'Ambiente della Provincia di Perugia, Servizio Gestione e Difesa Idraulica.

DI BRIZIO M., RANOCCHIA D., GIORGI P., FOSSATI G., COLARUSSO F. (1993) - *Esperienza di lotta integrata ai chironomidi nel bacino del lago Trasimeno*. Disinfestazione, 2.

DI GIOVANNI M.V. (1961) - *Il problema delle idrofite e delle alghe nei confronti della pesca nel Lago Trasimeno*.

DI GIOVANNI M.V. (1961) - *Il controllo idraulico delle piante acquatiche nei confronti della pescosità del Lago Trasimeno*.

DI GIOVANNI M.V. (1971) - *Popolamenti macrobentonici. In: Ragguagli sulle condizioni fisiche, chimiche, planctonologiche e bentoniche del lago Trasimeno, (febbraio 1969-febbraio 1970)*. Rivista di Idrobiologia, 10.

DRAGONI W. (2005) – *Il problema del bilancio e dell'evaporazione del Lago Trasimeno,* Presentato all'Incontro Internazionale "*La gestione dei sistemi lacustri. il caso del lago Trasimeno: esperienze a confronto*", 13 settembre 2005, Castiglione del Lago. Provincia di Perugia e CIPLA.

DRAGONI W., PISCOPO V., DI MATTEO L., GNUCCI L., LEONE A., LOTTI F., MELILLO M., PETITTA M. (2006) - "*Risultati del progetto di ricerca PRIN "Laghi 2003-2005*", Giornale di Geologia Applicata 3.

FRANCONI U., MOSSONE M., BLASI F., BURCHIA A., GALINARI W. (1985) - *Indagini chimiche e chimico-fisiche delle acque del lago Trasimeno*. Prov. di Perugia-Atti del Convegno "La tutela dell'ambiente lacuale. Il lago Trasimeno", Perugia 8-9 Marzo.

FUNARI E. (2003) - *Il problema ambientale e sanitario delle fioriture di cianobatteri nel lago Trasimeno*. ISS-Descrizione e rapporto progetto.

GIANOTTI F.S. MORETTI G.P. GIGANTI A. (1958) - Il *latterino (Atherina Mochon Cuv.) nel Trasimeno*. Rivista di Biologia, 1-29.

GIOVANARDI F., POLETTI A., MICHELI A. (1995a) - *Indagine sulla qualità della acque del lago Trasimeno*. Idrochimica. Acqua aria maggio.

GIOVANARDI F., POLETTI A., MICHELI A. (1995b) - *Indagine sulla qualità delle acque del lago Trasimeno. Definizione dei livelli trofici*. Acqua Aria, 6.

GRANETTI B. (1965) - *La flora e la vegetazione del lago Trasimeno. Parte I. La vegetazione litoranea*. Rivista di Idrobiologia, 4(3), Perugia.

GRANETTI B. (1965) - *La flora e la vegetazione del lago Trasimeno. Parte II. La vegetazione idrofitica sommersa e natante*. Rivista di Idrobiologia, 4(3).

Hamza W., Pandolfi P., Taticchi M.I. (1995) – *Planktonic interactions and their role in describing the trophic status of a shallow lake in Central Italy (Lago Trasimeno)*. Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, 53.

Legambiente, UNIPG, Comunità Montana Trasimeno-Medio Tevere (2006) – *Habitat e specie della direttiva 92/43/CE ed altri aspetti di rilevanza naturalistica al lago Trasimeno*.

Lorenzoni M., D'rr A.J.M., Erba R., Giovinazzo G., Selvi S., Mearelli M. (1999) – *Sovrapposizione alimentare fra Micropterus salmoides Lacépède ed Esox lucius Limnaeus nel Lago Trasimeno (Umbria, Italia)*. Quaderni ETP, 28.

Lorenzoni M., Carosi A., Corboli M., Pedicillo G., Montanari I., Ghetti L., Natali M., Dolciami R., Mezzetti A., Biscaro Parrini A. (2005) – *Accrescimento, biologia riproduttiva e biologia della pesca del carassio dorato (Carassius auratus Linnaeus, 1758) nel Lago Trasimeno*. Perugia, Regione Umbria.

Manciola P., Casadei S. (2005) – "*La modellistica idrologica nella gestione di un invaso naturale: il caso del Lago Trasimeno*". Giornata mondiale dell'acqua dell'Accademia dei Lincei.

Mearelli M., Lorenzoni M., Mantilacci L. (1990) – *Il lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol., Perugia, 29 (1).

Moretti G.P. (1954) – *Le note più salienti della colonizzazione tricotterologica del lago Trasimeno*. Boll. Zool., 21(2).

Moretti G.P. (1958) – *Il Lago Trasimeno. (Tre anni di studi idrobiologici)*, Quaderni di biologia sperimentale, 21, 1-255.

Moretti G.P., Cianficconi F., Corallini Sorcetti C and Boscherini A. (1992) – *Fluctuation of Trichoptera populations in Lake Trasimeno (Italy)*. Proc. 7th Int. Symp. Trichoptera.

Morozzi G. (1996) – *Relazione semestrale relativa allo studio dei sedimenti del Lago Trasimeno* – Provincia di Perugia.

Natali M. (1989). *La fauna ittica del Lago Trasimeno: aggiornamento al 1988*. Riv. Idrobiol., Perugia, 28.

Natali M. e Gennari L. (1989) – *Indagine sulla popolazione di lucci (Esox lucius) del Lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol., 28.

Natali M. (1993) – *I pesci del lago Trasimeno. Provincia di Perugia, Ass. to Programmazione e Gestione Faunistica*.

Natali M. (1998) – *Sviluppo di semplici forme di acquacoltura nel Lago Trasimeno*. In Seminario su Il Lago Trasimeno. Natali, 1993)

Orsomando E., Catorci A. (1991): *Carta della vegetazione del Comprensorio Trasimeno*.

Gervasi L., Sciurpi G., Tenti P., Vignali S., Galinari W., Spaccapelo D., Pallotti D., Merlini S., Lorenzoni M., Murgia S.M., Dragoni W. (2003) – *Piano per la riduzione degli apporti solidi al lago Trasimeno*. – Provincia di Perugia – CIPLA/UNIPG

Taticchi M.I., Mearelli M., Cicchella F., Posati S., Valentini M., Saltalamacchia G., Maraziti A., Micheli A. (1995) – *Piano per la gestione ed il controllo del bacino del lago Trasimeno finalizzato al contenimento dell'eutrofizzazione*. Ministero dell'Ambiente CIPLA – S.I.G.L.A. – Provincia Di Perugia

Spilinga C, Chiappafreddo U., Pirisinu Q. (2000) – *Dreissena polymorpha (Pallas) al lago Trasimeno*. Rivista di Idrobiologia, 39.

Taticchi M.I. (1965). *Vicende stagionali delle comunità litoranee del Lago Trasimeno*.Idrob.

Taticchi M.I. (1971) – *Popolamenti planctonologici. In: Ragguagli sulle condizioni fisiche, chimiche, planctonologiche e bentoniche del lago Trasimeno, (febbraio 1969-febbraio 1970)*. Rivista di Idrobiologia, 10.

Taticchi M.I. (1992) – *Studies on Lake Trasimeno and other water bodies in Umbria Region (Central Italy). In: Limnology in Italy*. Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, 50.

Tiberi O. (1971) – *Valori chimici e chimico-fisici delle acque*. In: Ragguagli sulle condizioni fisiche, chimiche, planctonologiche e bentoniche del lago Trasimeno, (febbraio 1969-febbraio 1970). Rivista di Idrobiologia, 10.

Tiberi O. (1980) – *Fluoruri e cloruri nel lago Trasimeno*. Rivista di Idrobiologia, 19(1).

Tinarelli A.M. (1962) – *Distribuzione e habitat di alcune specie di emitteri acquatici nel lago Trasimeno*. Rivista di Idrobiologia, 2(1).

Todini B., Piersanti S. (2003) – *Resoconto delle attività di monitoraggio delle popolazioni dI macroinvertebrati. In: Relazione conclusiva sulle attività di raccolta dati sulla fauna e sulla vegetazione. "Progetto Life Natura "Ripristino habitat e conservazione ardeidi sul Lago Trasimeno"*. LIFE02NAT/IT/8556.

Trevisan R. (1977) – *Fluttuazione stagionale della densità e della biomassa fitoplanctonica del lago Trasimeno (luglio 1976-agosto 1977)*. Rivista di Idrobiologia, 16(3).

Venanzoni R., Rampiconi E. (2001) – *Utilizzo del GIS nella valutazione spazio-temporale della vegetazione palustre in un settore del lago Trasimeno in relazione ai fattori antropici*. Rivista di Idrobiologia, 40(2/3).

R. VENANZONI, D. GIGANTE, A. PEDINI, M. FICOLA, L. REALE (2008) - *Intervento di riqualificazione del canneto per la conservazione della biodiversità del lago Trasimeno. Relazione conclusiva*. Dip. Biol. Applicata, UNIPG.

VENTURA S. (2003) - *Il problema ambientale e sanitario delle fioriture di cianobatteri nel lago Trasimeno*. CNR - Descrizione e rapporto progetto.

VIOTTI P., GALEOTTI L., SBAFFONI S., SAPPA G., LECCESE M., STRACQUALURSI N. (2002) - *Analisi sperimentale dei flussi di fosforo dai sedimenti di un lago: il caso del Lago Trasimeno (Italia)*. VI SIBESA. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

3 Bilancio idrico del lago Trasimeno

Walter Dragoni
Massimo Melillo
Cecilia Giontella

3.1 Introduzione

Il Trasimeno è un lago privo di emissari naturali, oggi con superficie media di circa 122 km^2 e profondità massima attorno a 5,2 m. L'area del bacino imbrifero che drena nel lago è appena 2,2 volte maggiore dell'area dello specchio lacustre. Per questi motivi il Trasimeno è caratterizzato da una marcata variabilità dei livelli e del volume d'acqua immagazzinato, strettamente legata alla variabilità delle precipitazioni: ciò costituisce da sempre un grave problema per le popolazioni rivierasche.

In questa nota si cerca di riassumere, essenzialmente dal punto di vista idrologico-idrogeologico ed in maniera accessibile anche ai non specialisti, i problemi del lago Trasimeno e lo stato presente delle conoscenze, con particolare attenzione al bilancio idrico, al problema delle variazioni climatiche e alle recenti crisi idriche.

Le ricerche qui riassunte sono state condotte nell'ambito dell'attività del Dipartimento di Scienze della Terra e del Centro Interuniversitario per L'Ambiente (CIPLA), istituzioni entrambe dell'Università di Perugia.

3.2 Variazioni climatiche, attività antropica e assetto del lago Trasimeno: una breve sintesi

3.2.1 Variazioni climatiche e regime del lago

Vari studi sulle vicende climatiche degli ultimi 3000 anni dell'Italia peninsulare dimostrano che si è avuta un'alternanza di fasi mediamente con clima caldo/arido e clima freddo/umido, con differenze di temperatura media annua attorno ad 1 - 2 °C (cf. solo per esempio Barazzuoli *et al.*, 2002; Dragoni, 1998; Crescenti *et al.*, 2008: Ducci e Tranfaglia, 2008, Di Matteo *et al.*, 2005). L'ultima fase calda é avvenuta all'incirca fra il 1000 ed il 1250 d.C. (Periodo Caldo Medioevale). Questa fase é stata seguita dalla fase fredda nota come Piccola Era Glaciale, che convenzionalmente si fa durare dal 1450 al 1850 circa. Nell'ultimo centinaio di anni si sta assistendo ad una fase di riscaldamento che, se dovesse durare quanto il Periodo Caldo Medioevale, dovrebbe persistere probabilmente per non meno di un centinaio d'anni,

con un clima mediamente più caldo e siccitoso della fase precedente. Nel caso poi che le più pessimistiche previsioni riguardo al cambiamento climatico in atto (IPCC, 2007; Dragoni e Sukhija, 2008) si rivelassero fondate, ossia che la causa principale dell'aumento della temperatura sia l'emissione di gas serra e che si avrà un aumento della temperatura globale di vari gradi, ogni previsione sul futuro del clima e del ciclo idrologico assume aspetti catastrofici, difficili da definire ma che in Italia, almeno nella prima fase, corrisponderà ad un periodo siccitoso.

A prescindere dalle cause delle variazioni climatiche, va sottolineato che le fasi climatiche passate (caldo/arido e freddo/umido) hanno al loro interno una notevole variabilità, con periodi della durata anche di vari decenni diversi dall'andamento medio complessivo.

Il fatto che nel passato periodi caldi abbiano corrisposto in media, nell'Italia Centro-Meridionale, a periodi meno piovosi si ritrova anche al presente: le serie storiche strumentali di pioggia e temperatura indicano che da un centinaio di anni é in corso una fase climatica caratterizzata da un lieve incremento di temperatura e da un più marcato decremento della piovosità media annua, con una significativa tendenza degli anni più caldi a corrispondere a quelli più siccitosi. Non tutte le serie di dati analizzate hanno un trend statisticamente significativo ma, quando presente, esso va, con rarissime eccezioni, nel senso di un incremento della temperatura ed una diminuzione della piovosità.

I livelli del lago Trasimeno, la cui evoluzione é stata ricostruita con buona approssimazione in alcuni importanti lavori (Cialini, 1991; Gambini, 1995), hanno seguito le fasi climatiche, innalzandosi nei periodi umidi ed abbassandosi nei periodi caldi. Va comunque sottolineato che, anche nei periodi freddo-umidi (per esempio durante la Piccola Era Glaciale), il livello del lago non era costantemente "alto": la natura stessa di lago chiuso e l'alta variabilità della piovosità implicano inevitabilmente una forte variazione di livello a scala stagionale, annuale e pluriannuale.

La fig. 1 riporta le temperature medie annue della stazione di Monte del Lago, in parte ricostruite con i dati dell'Isola Polvese e di Castiglione del Lago: tale ricostruzione appare piuttosto attendibile dato che il coefficiente di correlazione fra i dati di queste tre stazioni è superiore al 99% (Melillo, 2009). Dalla fig. 1 si può vedere che negli ultimi 20 anni circa le temperature medie annuali sono state caratterizzate da un andamento crescente, con un gradiente, statisticamente significativo attorno a 0,03 °C/anno.

Per ciò che riguarda le precipitazioni, le serie da noi ricostruite delle piogge ragguagliate sul bacino per il periodo 1966 – 2006, pur mostrando una diminuzione del 3,2% nel periodo 1984-2006 rispetto al periodo 1966-1984, non hanno un trend annuo statisticamente significativo (Melillo, 2009). Le piogge, peraltro, presentano una certa ciclicità, già messa in evidenza in passato (Deffenu e Dragoni, 1978). Esiste invece un trend stagionale statisticamente significativo (superiore al 95%): durante il trimestre invernale (gennaio-marzo) si evidenzia una variazione negativa con una differenza del 26% tra il valore medio della prima metà della serie e della seconda metà (fig. 2). Nel trimestre autunnale, invece, la variazione è positiva con una differenza del 10% tra i valori medi nei medesimi periodi: in questo contesto va tenuto presente che l'evaporazione potenziale nei mesi di settembre ed ottobre è ancora abbastanza alta, così da attenuare l'effetto del modesto incremento della piovosità in tali mesi.

Nel valutare tali osservazioni va considerato che, come si vedrà più avanti, i

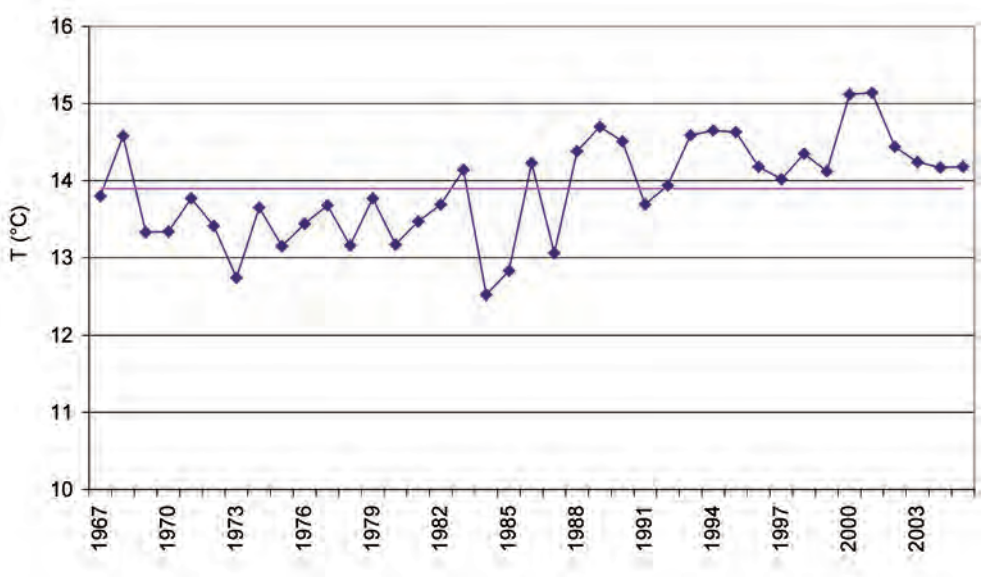


Fig. 1

Temperatura annua della stazione di Monte del Lago (da Melillo 2009)

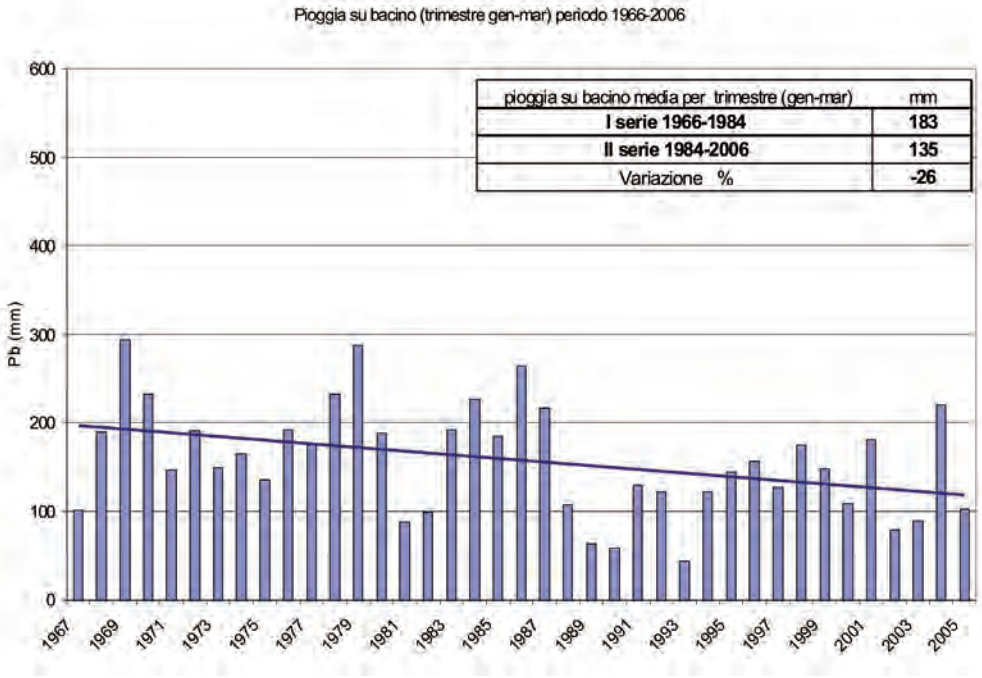


Fig. 2

Andamento delle piogge medie mensili sul bacino (trimestre gen.-mar.), periodo 1966–2006 (da Melillo, 2009)

dati termo pluviometrici a disposizione non sono così attendibili e precisi come sarebbe necessario: ciò implica che quanto sopra riportato ha un certo grado d'incertezza e che conclusioni più o meno diverse possono essere ottenute secondo le tecniche usate per ricostruire le serie.

I trend rilevati sono probabilmente da inquadrarsi nell'ambito dell'attuale fase di riscaldamento globale: se dovessero continuare ci si deve aspettare, pur con fasi alterne, che il problema dei livelli bassi persista e, a lungo andare, si aggravi pesantemente, con esiti drammatici.

3.2.2 Interventi di regolarizzazione dei livelli

Le continue oscillazioni di livello hanno costituito da sempre un problema per le popolazioni rivierasche, che hanno difficoltà ad adattarsi ad un ambiente instabile: nei periodi con livelli alti, le acque inondano i campi, nei periodi con livelli bassi, vengono danneggiate le attività connesse alla pesca e, all'irrigazione a valle dell'emissario. In passato la mancanza di deflussi nell'emissario fermava i molini lungo il corso dello stesso, mentre, oggi, i livelli bassi danneggiano l'attività turistica. Per la storia dei tentativi di regolazione dei livelli del lago, che probabilmente risalgono all'epoca etrusco-romana, si rimanda alla numerosa bibliografia esistente (cf. per esempio Riganelli, 2002; Burzigotti *et al.*, 2003; Chierico, 2003; Dragoni, 2004). Qui basta dire che nel 1420, per limitare le inondazioni, fu costruito un emissario, che risultò, a causa della portata troppo bassa, insufficiente. Alla fine del 1800 il problema principale era ancora quello dei livelli alti e nel 1898 fu costruito l'emissario che ancor oggi impedisce che il Trasimeno arrivi a quote troppo alte. L'emissario del 1898 é molto efficiente nel limitare le massime altezze dei livelli su base stagionale o annua, ma qualche problema di allagamento, per limitati periodi di tempo, si può verificare nel caso di sequenze di anni molto umidi ed eventi piovosi eccezionali della durata di uno o più giorni (Dragoni, 1982). La fig. 3 dà un'idea dei problemi connessi ai livelli bassi.

L'emissario moderno ha sostanzialmente risolto il problema dei livelli alti: esso però, assieme all'attuale fase climatica, ha creato un problema ricorrente di livelli troppo bassi. Il punto è che l'emissario moderno impedisce al lago, nelle annate piovose, di accumulare acqua innalzando i livelli: quando inizia una fase siccitosa il lago comincia a scendere di livello partendo al massimo dalla quota di sfioro dell'emissario. Il problema è aggravato dall'uso irriguo delle acque del lago, maggiore oggi di quanto lo fosse in passato. Per limitare questo problema, all'inizio degli

Fig. 3
La crisi dei primi anni 2000. Il lago al pontile di Castiglione del Lago il 15 agosto 2003. Si noti come il pontile per l'attracco dei traghetti sia completamente all'asciutto

anni '60, il bacino imbrifero del Trasimeno è stato ampliato tramite l'allacciamento artificiale dei bacini dei torrenti Tresa, Rio Maggiore, Moiano e Maranzano, alcuni dei quali già allontanati dal lago nel medioevo.

La fig. 4 mostra, in maniera sintetica, l'attuale assetto idraulico del lago (da Dragoni, 2004).

3.2.3 Altri problemi oltre i livelli bassi

Con l'allargamento del bacino imbrifero degli anni 1950-1960 il problema delle "magre" è stato attenuato, ma non risolto del tutto, complice la diminuzione della piovosità ed il lieve aumento della temperatura. Al di là degli aspetti estetici, del proliferare di varie specie d'insetti ed alghe tossiche, dei cattivi odori e delle difficoltà di navigazione, va tenuto presente che il lago è il recapito finale di tutte le acque che vengono generate dal bacino imbrifero, e di tutto ciò che esse dilavano in termini di sedimenti ed inquinanti. Nei periodi con emissario non funzionante (a causa dei bassi livelli l'emissario non è più entrato in funzione dal 1988), le uscite dal lago sono all'incirca coincidenti con l'evaporazione dallo specchio. Pertanto, durante tali periodi la perdita d'acqua per evaporazione, in assenza di ricambio determina un aumento della concentrazione dei sali disciolti e degli inquinanti, aggravando il problema dell'inquinamento (Dragoni ed Evangelisti, 1999). Tale problema, assieme ad altri aspetti relativi all'evoluzione climatica e del chimismo delle acque, è stato trattato in un recente approfondito lavoro di Ludovisi e Gaino (2010).

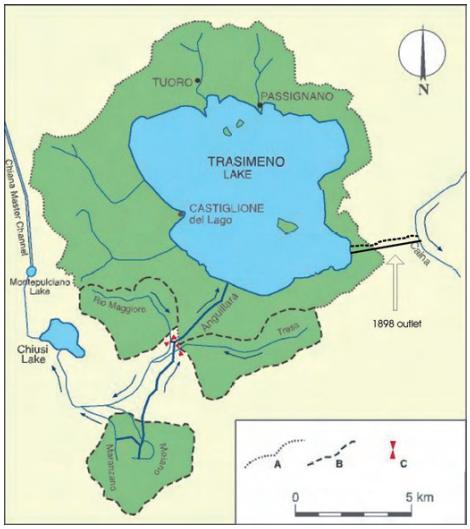


Fig. 4

Situazione del bacino del Trasimeno dal 1960 ad oggi. A) - contorno del bacino naturale; B) – Contorno dei bacini addotti al Trasimeno a cavallo fra gli anni 1950 e 1960; C) – chiuse di indirizzamento dei deflussi. Tutte le opere di adduzione sono reversibili, nel senso che l'acqua può essere mandata tramite un sistema di chiuse o verso il Trasimeno o verso il lago di Chiusi. Il sistema è gestito dalla Provincia di Perugia, secondo cui, tranne eventi eccezionali, i deflussi sono tutti sempre indirizzati verso il Trasimeno

Nell'ambito del problema dell'inquinamento, varie indagini hanno indicato che i sedimenti più superficiali hanno una certa concentrazione in metalli pesanti quali Cadmio, Cromo, Nichel, Rame, Ferro (Franconi *et al.*, 1987; De Bartolomeo *et al.*, 2004). In accordo implicito con queste indagini, un recente lavoro sui sedimenti superficiali del Lago ha mostrato che nella maggior parte dei campioni di sedimenti analizzati è presente una apprezzabile quantità di minerali del gruppo della smectite, minerali in grado di intrappolare grandi quantità di metalli pesanti e sostanze organiche (Castellani *et al.*, 2005).

3.3 Bilancio idrico del lago e del suo bacino

3.3.1 Generalità

La tab. 1 riassume le principali caratteristiche del lago Trasimeno.

Va evidenziato che nonostante il gran numero di stazioni idrometeorologiche presenti nel bacino del lago Trasimeno, i dati di pioggia e temperatura sono affetti da varie incertezze: questo perché, per cause varie, molte stazioni sono state dismesse, altre hanno funzionato saltuariamente e le nuove stazioni entrate via via in funzione non sempre hanno permesso di mantenere la continuità dei dati. Nel ricostruire la piovosità ragguagliata sul bacino e sullo specchio, a scala mensile secondo le esigenze del modello che è stato applicato, è stato necessario utilizzare le stazioni via via disponibili, cambiando in continuazione la struttura dei topoieti. Ciò implica una non perfetta omogeneità dei dati: questo comporta una minore accuratezza delle serie di piogge e temperature ricostruite e ragguagliate sul bacino rispetto serie di partenza omogenee (ossia usando sempre le stesse stazioni). Tale insoddisfacente situazione è peggiorata dal fatto che è stato anche necessario ricostruire i dati mancanti di varie serie, utilizzando i periodi di sovrapposizione temporale delle varie stazioni.

La fig. 5 mostra l'andamento dei livelli del lago misurati il primo giorno di ogni mese da gennaio 1921 a maggio 2010. Dal grafico risulta chiaro che il problema della variabilità dei livelli non è una novità degli ultimi decenni, ma è una caratteristica propria del lago. Il grafico mostra la disastrosa situazione alla fine degli anni 1950, quando la massima profondità era di circa soli tre metri, e la ottima ripresa dopo i lavori d'ampliamento dei primi anni 1960. A questo proposito va però sottolineato che la piovosità media annua nei cinque anni compresi fra ottobre 1953 ed agosto 1958 fu di circa 670 mm, mentre nei cinque anni successivi fu di circa 960 mm: è chiaro che senza tale alta piovosità il recupero dei volumi d'acqua invasati nel lago sarebbe stato notevolmente più modesto e comunque sarebbe avvenuto con tempi molto più lunghi.

3.3.2 Assetto geologico ed idrologico

Il lavoro più recente sulla geologia e l'evoluzione tettonica del lago Trasimeno è di Gasperini *et al.* (2010), a cui si rimanda per eventuali approfondimenti. Per gli scopi del presente lavoro e dal punto di vista idrogeologico – modelli-

Tabella 1 – Principali caratteristiche del lago Trasimeno (periodo 1984 – 2006). In considerazione dell'approssimazione dei dati, le piogge sono state arrotondate ai 5 mm, le aree a 0.5 km²

Area complessiva del bacino imbrifero e del lago (km²)	383,5
Area del solo bacino imbrifero (km²)	264.5
Area media specchio lacustre (km²)	120,5
Area max. specchio lacustre (km²)	124,5
Area min. specchio lacustre (km²)	116,5
Temperatura media mensile (°C)	14,3
Pioggia sullo specchio (mm/anno)	700
Pioggia sul bacino (mm/anno)	730
ETR secondo la formula di Turc, su base medio annua (mm/anno)	555
Volume medio immagazzinato nel lago (m³)	490×10^6
Profondità massima al livello medio (m)	5.5
Livello medio (m s.l.m.)	257.1

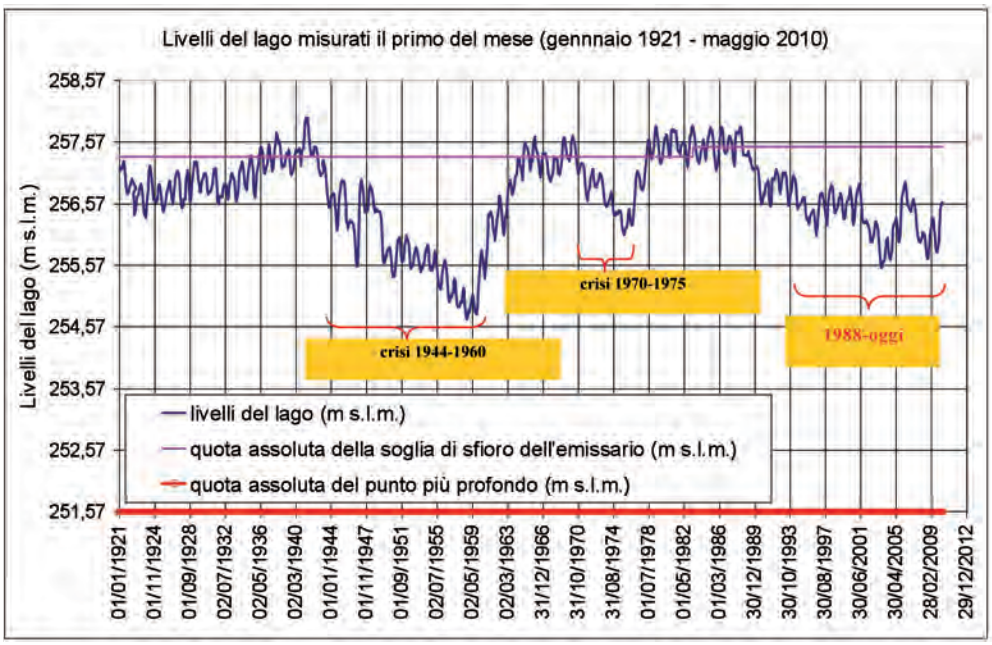


Fig. 5

Livelli del lago il primo giorno di ogni mese, da gennaio 1921 a maggio 2010

stico si ritiene più funzionale fare riferimento allo schema semplificato in fig. 6.

Salvo possibili situazioni locali, il bacino imbrifero del lago è impostato su litotipi nell'insieme a permeabilità bassa o medio bassa e pertanto esso può essere considerato all'incirca coincidente con il bacino idrogeologico; si può quindi assumere che tutta l'acqua che si infiltra nel bacino, e solo essa, arrivi per via sotterranea al lago. Ciò è peraltro supportato da tutte le piezometrie eseguite nel bacino del Lago (cf. per esempio Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, 1977; Melillo, 2009).

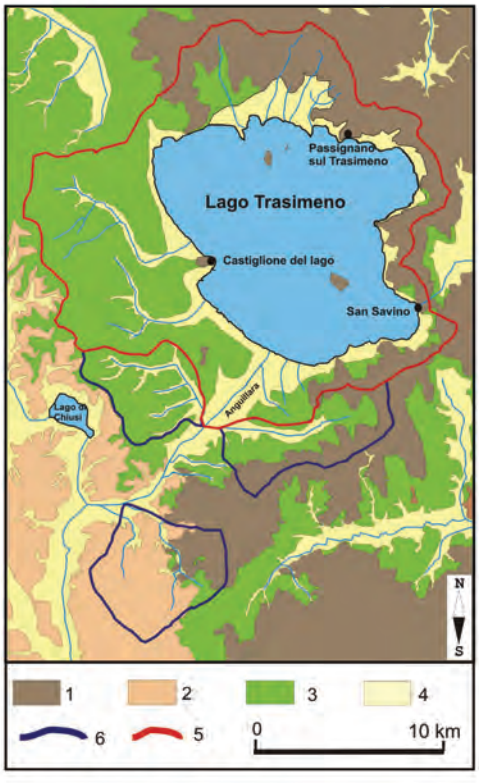


Fig. 6

Schema litologico del bacino del lago Trasimeno. 1) Formazioni torbiditiche oligo-mioceniche; 2) Sedimenti marini pliocenici; 3) Sedimenti fluvio-lacustri plio-pleistocenici; 4) Depositi alluvionali olocenici; 5) Bacino imbrifero naturale del lago; 6) Bacini allacciati artificialmentea cavallo degli anni 1950-1960 (ripreso e modificato da Dragoni, 1982; Burzigotti & Altri, 2003)

3.3.3 Dinamica del lago su base annuale

Utilizzando i dati relativi al periodo 1990-2006 (periodo in cui l'emissario non ha mai funzionato), sono state eseguite delle regressioni lineari tra pioggia annua sullo specchio e variazioni annue di livello del lago, con anno idrologico a partire da ogni mese: la migliore regressione è stata ottenuta con anno idrologico a partire dal 1° gennaio (fig. 7). La correlazione è:

(1) $\Delta H = 2.195\ Ps - 1.538$

La correlazione (1) ha un coefficiente di determinazione R^2 = 0,90, che implica che il 90% delle variazioni di livello annuali (Δ_H) sono spiegate dalla sola piovosità annua sullo specchio, indipendentemente dalla temperatura e dalla distribuzione nel corso dell'anno della piovosità. Ponendo nella (1) $\Delta_H = 0$ si ottiene una stima della pioggia annua sufficiente a bilanciare le uscite dal lago (pioggia critica). Essa ha un valore di circa 700 mm, ed è in accordo con quanto ricavato in precedenti lavori (Dragoni, 1982; Dragoni ed Evangelisti, 1999). La bontà della (1) significa che, mediamente, per piogge superiori a circa 700 mm/anno il lago aumenta di volume. Se però ciò accade quando il livello del lago è superiore alla quota di sfioro dell'emissario, questo entra in funzione e praticamente da questo livello in poi il lago non sale più. Viceversa, per piogge inferiori ai 700 mm/anno, il lago scende di livello. La (1) ovviamente ha una discreta attendibilità finché la superficie del lago rimane compresa nell'intervallo da cui la (1) è stata ricavata, ossia nell'intervallo in cui la superficie del lago può essere considerata approssimativamente costante e finché situazione climatica e prelievi per uso irriguo dal lago non cambiano in maniera drastica. In questo contesto è interessante sottolineare che prima dell'ampliamento del bacino imbrifero eseguito a cavallo degli anni 1950-1960, la pioggia critica era di circa 810 mm/anno: ciò rende evidente l'effetto positivo dei lavori eseguiti (Deffenu e Dragoni, 1978).

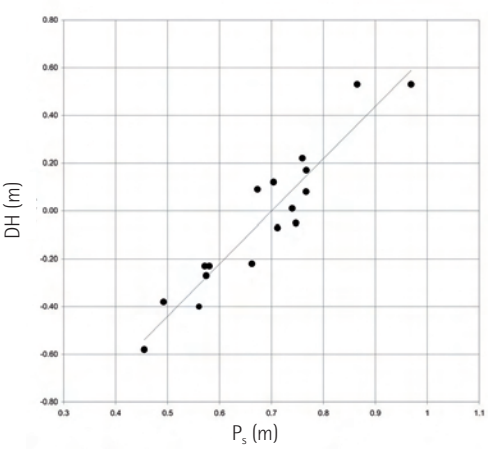


Fig. 7

Migliore correlazione ottenuta per il periodo 1990 - 2006 tra pioggia annua sullo specchio e variazione annua di livello del lago

È possibile, con metodi elementari e a prescindere dai dati ufficiali delle concessioni amministrative, avere un'idea dei prelievi e dell'evaporazione media annua dal lago. In seguito questa stima viene fatta per il periodo 1990 – 2006, dato che la buona correlazione fra Δ_H e P_s (cf. relazione (1)), indica che in questo intervallo di tempo tutti i processi e le grandezze che contribuiscono al bilancio del lago non sono cambiate drasticamente.

Il bilancio di un sistema idrologico su base media annua può essere scritto nel modo seguente:

(2) $\Sigma (I) - \Sigma (U) = \Delta_w$

Nella (2) i simboli valgono:

$\Sigma(I)$ = sommatoria degli ingressi medi annui (m^3)
$\Sigma(U)$ = sommatoria delle uscite medie annue (m^3)
Δ_w = variazione delle riserve medie annue (m^3)

Per un bacino lacustre, la variazione delle riserve corrisponde alla variazione del volume del lago sommato alla variazione di umidità nel suolo, estesa a tutto il bacino. Questa seconda grandezza può essere trascurata: se, per esempio, s'immagina che il periodo pluriennale a cui si riferisce il bilancio inizia il 1° gennaio del primo anno e termina il 31 dicembre dell'ultimo anno, si può assumere che in entrambe le date, nel clima dell'Italia Centrale, l'umidità del suolo sia prossima alla capacità di campo, con una differenza comunque trascurabile. In queste condizioni la grandezza Δ_w nella (2) si riduce alla variazione di volume del lago. Su base media annua, in base ai dati disponibili e specificando le singole voci delle entrate e delle uscite, la (2) può essere scritta nella forma seguente:

(3) $\Delta_w = \Delta_{Hm} A_s = A_s P_s + A_b P_b - E_T A_b - (E_v A_s + P_r)$

Nella (3) i nuovi simboli valgono, in relazione al periodo 1990-2006:

Δ_{Hm} = -0,04 (m);
variazione media del livello del lago
A_s = 119. 3 x 10^6 (m^2);
area media dello specchio
P_s = 0,682 (m);
pioggia media annua sullo specchio
A_b = 264,1 x 10^6 (m^2);
area media del bacino
P_b = 0,723 (m);
pioggia media annua sul bacino
E_T = 0,539 (m);
evapotraspirazione media annua, stimata con la formula di Turc (1954)
E_v = incognito (m);
evaporazione media annua dallo specchio
P_r = incognito (m^3);
prelievi artificiali dal lago.

Sostituendo ai simboli i numeri si ottiene che la somma dell'evaporazione dal lago e dei prelievi artificiali vale all'incirca 135 Mm^3/anno, corrispondente ad una lama d'acqua di 1.13 m/anno sulla superficie media del lago. La stima di E_T qui ottenuta si basa sulla formula di Turc, che nell'Italia centrale essa è applicata normalmente e dà risultati generalmente buoni (De Felice e Dragoni, 1991; Di Matteo e Dragoni, 2006).

Le più recenti stime sull'evaporazione media annua del Trasimeno sono comprese, in cifra tonda, fra 1,05 m e 1,2 m (vedi per esempio Dragoni ed Evangelisti, 1999). Confrontando tali cifre con la stima sopra ottenuta della somma evaporazione più prelievi, risulta che i prelievi dal lago per il periodo 1990-2006 dovrebbero essere stati al massimo attorno a 0,08 m/anno, corrispondenti a circa 9,5 Mm^3 anno. Quest'ultima cifra è stata ricavata a partire dalle piogge su specchio e bacino, ed in volume essa è minore del 5% di queste. Dato che normalmente la stima delle piogge ragguagliate ha un'approssimazione solo eccezionalmente migliore del 5% (cf. per esempio Lazzari, 2003), appare chiaro che la stima dei prelievi massimi ottenuta è poco più che indicativa e che qualunque tentativo di ottenere per questa via valori più precisi è illusorio. Va però sottolineato che al di là del valore effettivo, il volume dei prelievi è circa dieci volte minore della sola evaporazione dal lago.

Nel caso di sistemi con scambi idrici sotterranei trascurabili verso i bacini limitrofi, una buona stima dell'evapotraspirazione permette di conoscere il coefficiente di deflusso medio annuo, C_d:

(4) $$C_d = (P_b - E_T)/ P_b$$

Dalla (4), sostituendo i numeri ai simboli, si ottiene un C_d attorno a 0,25, simile a quello ottenuto tramite misure dirette per i bacini limitrofi dei torrenti Nestore e Rigalto (Cambi *et al.*, 2003). Va rilevato che i lavori più recenti sul Trasimeno hanno notevolmente abbassato le stime dell'evaporazione e del coefficiente di deflusso riportati nei lavori precedenti i primi anni 1980 (cf. Dragoni ed Evangelisti, 1999).

3.4 Modellizzazione mensile

3.4.1 Premessa

Per portare un contributo alla soluzione dei problemi del lago, è stato messo a punto un modello matematico che, a partire dai dati di pioggia e temperatura mensili, descrive le variazioni di volume e livello del lago mese per mese. Questo modello, da ora in poi denominato LAGO_04, è la versione evoluta e più complessa di una serie di modelli simili (cfr. per esempio De Felice e Dragoni, 1991; De Felice *et al.* 1993; Dragoni e Valigi, 1995; Cambi *et al.*, 2003, Di Matteo e Altri, 2010; Dragoni e Altri, 2005); le numerose variazioni apportate al modello negli ultimi anni lo rendono più flessibile e con risultati più affidabili. La descrizione dettagliata del modello è piuttosto complessa: qui si riportano solo le caratteristiche essenziali.

3.4.2 Struttura del modello

Il modello LAGO_04 è su base mensile e consiste in un codice di calcolo che simula le variazioni volume e di livello del lago, in funzione della pioggia, della temperatura dell'aria dei prelievi, delle portate dell'emissario. Nei calcoli il livello è riferito ponendo come quota di riferimento il fondo del lago, a 251.57 m s. l. m.. Il modello esegue il bilancio idrogeologico del bacino e del lago mese per mese, ed è un modello di tipo non distribuito, nel senso che per ognuna delle due componenti principali (bacino e lago) pioggia, temperatura, evapotraspirazione ed evaporazione mensili sono rappresentati ciascuno da un singolo valore medio, senza distinguere le variazioni spaziali nell'ambito delle singole componenti.

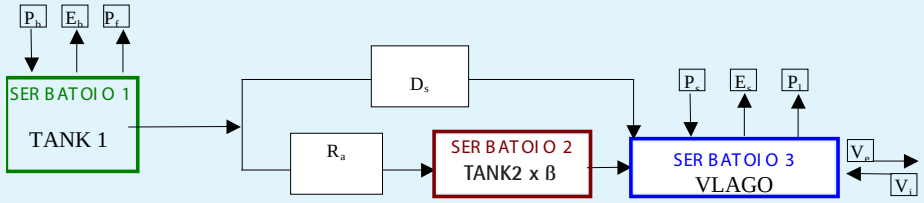
Concettualmente, all'interno del modello, il sistema costituito dal lago e dal suo bacino è rappresentato da tre serbatoi, collegati fra loro e con l'ambiente esterno (vedi il riquadro/box).

Il Modello LAGO_04

In generale, un modello matematico è un insieme di equazioni e criteri logici che simulano uno o più processi che avvengono in un sistema. Nel nostro caso, il sistema è costituito dal lago Trasimeno e dal suo bacino ed il processo è la trasformazione della pioggia in volume invasato nel lago. Un modello non simula mai perfettamente un processo naturale complesso: ciò implica che ogni modello è migliorabile e che modelli diversi daranno, in generale, simulazioni leggermente diverse. Il modello qui presentato (LAGO_04) assimila il lago ed il suo bacino a 3 serbatoi. L'insieme dei processi artificiali e naturali vengono rappresentati come flussi fra i serbatoi e tra questi e l'ambiente esterno, rispettando l'equazione di continuità: in altri termini, il modello non crea né distrugge acqua, ma calcola il flusso in entrata e in uscita da ogni serbatoio, mese per mese. Nella figura in basso i simboli hanno il seguente significato:

- TANK1 (m^3). È il volume d'acqua immagazzinato all'inizio di un mese nel serbatoio 1, che rappresenta il bacino imbrifero. Il bacino imbrifero riceve la pioggia e genera evapotraspirazione, deflusso superficiale, deflusso sotterraneo verso la falda.
- TANK2 (m^3). È il volume d'acqua immagazzinato all'inizio di un certo mese nel serbatoio 2, che rappresenta la falda che alimenta il lago. La falda riceve la ricarica dal primo serbatoio e fornisce al lago un certo volume, pari a TANK2 x ß (m^3/mese).
- LAGO (m^3). È il volume d'acqua immagazzinato all'inizio di un certo mese nel serbatoio 3, che rappresenta il lago vero e proprio. Genera evaporazione e deflussi tramite l'emissario.

P_b = pioggia sul bacino (m^3/mese). E_b = Evapotraspirazione dal bacino (m^3/mese).



P_f = prelievi dalla falda (m^3/mese). D_s = Deflusso superficiale(m^3/mese).
R_a = Ricarica dell'acquifero (m^3/mese). P_s = Pioggia sullo specchio (m^3/mese).
P_l = Prelievi diretti dal lago (m^3/mese). E_s = Evaporazione dallo specchio (m^3/mese).-
V_e = Uscita dal lago tramite l'emissario (m^3/mese). V_i = Ingressi ipotetici al lago (m^3/mese).

Schematizzazione concettuale del sistema Trasimeno secondo il modello LAGO_04. Per il significato dei simboli vedere testo.

Stima delle varie grandezze secondo LAGO_04

Di seguito è riportata la descrizione dei metodi di calcolo per la stima delle principali grandezze nel modello, senza entrare nei dettagli specifici del codice, ma indicando la bibliografia pertinente.

Valutazione del ruscellamento superficiale (D_s). La stima del deflusso superficiale (D_s), avviene tramite un'equazione proposta da Vandewiele *et al.* (1992), che tiene conto dell'umidità del suolo all'inizio del mese, della pioggia mensile e che viene adattata al caso specifico del Trasimeno tramite calibrazione di un coefficiente.

- *Evaporazione dal lago ed evapotraspirazione dal bacino imbrifero.* Queste due grandezze sono stimate tenendo conto di temperatura ed ore d'insolazione, a partire dal valore di evaporazione ottenuto da evaporimetri di classe A. Nel caso specifico tale valore, in mancanza di dati sperimentali, è a sua volta stimato utilizzando una relazione empirica ricavate da Dragoni e Valigi (1994). I valori forniti dagli evaporimetri standard e da tali equazioni non tengono conto delle differenze fisiche tra gli evaporimetri e i sistemi lacustri reali: in generale possono sovrastimare l'evaporazione annua fino al 25%. Nel modello l'evaporazione da evaporimetro viene corretta mediante due coefficienti, rispettivamente per il lago e per il bacino imbrifero. L'evaporazione reale è calcolata con una variante del bilancio secondo Thornthwaite-Mather (1957)
- *Stima del deflusso sotterraneo.* Il serbatoio 1 trasforma la pioggia in ruscellamento superficiale ed evapotraspirazione. L'acqua residua alimenta il serbatoio 2, che concettualmente corrisponde all'acquifero freatico che circonda e alimenta il lago. Il modello, usando in maniera implicita l'equazione di Darcy, tiene conto del ritardo che hanno le acque sotterranee rispetto a quelle superficiali nel raggiungere il lago.
- *Calcolo della variazione di volume e di livello del lago.* A valle dei processi sopra descritti e considerando il solo sistema lago Trasimeno (i.e. il serbatoio 3), il modello ha tutte le componenti del bilancio e può quindi calcolare le variazioni di volume ΔVi e di livello ΔHi con la usuale equazione del bilancio per ogni mese i. In pratica ciò avviene tramite iterazioni, con passo temporale molto beve, all'interno di ogni mese.

Il livello simulato è calcolato come:

(5) $$H'_{(i+1)} = H'_{(i)} + \Delta H'_{(i)}$$

dove: $H'_{(i+1)}$ = nuovo livello simulato;
$H'_{(i)}$ = livello simulato del mese precedente;

Il modello LAGO_04 utilizza come primo livello simulato il primo livello reale. I coefficienti del modello vengono scelti secondo il criterio dei minimi quadrati sulla base della seguente:

(6) $$ERS = \sqrt{\frac{\sum_1^N (H_i - H_i')^2}{(N-n)}}$$

con: ERS= errore standard;
H = livello reale;
H '= livello simulato;
N = numero dati;
n = numero di coefficienti di calibrazione.

Per minimizzare la (6) il modello usa l'algoritmo noto come annaeling (Aarts & Koerst, 1990).

3.4.3 Risultati ottenuti

Sulla base dei criteri esposti nel capitolo precedente, il modello è stato calibrato sull'intervallo 1984 – 2006. Successivamente i risultati sono stati validati sull'intervallo 1966 – 1984, con dati totalmente indipendenti da quelli su cui il modello è stato calibrato. La fig. 8 riporta i grafici dei livelli simulati e reali per entrambi gli intervalli. La calibrazione del modello ha fornito le grandezze riportate in tab. 2. Il confronto fra i risultati del modello mensile e i risultati delle stime su base annuale sono sostanzialmente coincidenti. Naturalmente va tenuto presente che, anche nel caso del modello mensile, i risultati dipendono pesantemente dalla bontà dai dati di piovosità immessi nel modello, e quindi per il modello mensile valgono le stesse considerazioni già fatte per lo studio su base media annua.

Utilizzando la migliore configurazione dei coefficienti calibrati, sono state realizzate una serie di simulazioni al fine di verificare gli effetti sul lago Trasimeno di condizioni climatiche e gestionali differenti dalle attuali. In particolare, il modello è stato utilizzato per verificare i volumi che si sarebbero dovuti apportare per contenere gli abbassamenti dei livelli entro limiti accettabili: in tutti i casi il modello indica che un apporto attorno ai 15 Mm^3/anno avrebbe evitato la drammatica crisi degli ultimi anni. La fig. 9 riporta a titolo d'esempio il grafico riassuntivo dei livelli del lago negli ultimi 20 anni per diversi apporti artificiali da zone esterne al bacino.

Tabella 2 – Risultati modellizzazione del lago Trasimeno secondo LAGO_04. Risultati della calibrazione, periodo 1984 – 2006		
Temperatura media mensile (min: 1,0 max: 27,0)	14,3 (°C)	-----
Pioggia sullo specchio	700 (mm/anno)	84 (Mm^3/anno)
Pioggia sul bacino	730 (mm/anno)	192 (Mm^3/anno)
Area media specchio lacustre (simulato)	120 (km^2)	-----
Area media del solo bacino (simulato)	263 (km^2)	-----
Area max. specchio lacustre (simulato)	124 (km^2)	-----
Area min. specchio lacustre (simulato)	116 (km^2)	-----
Evapotraspirazione reale, secondo il modello	535 (mm/anno)	141 (Mm^3/anno)
Evapotraspirazione reale, secondo Turc	555 (mm/anno)	146 (Mm^3/anno)
Coeff. deflusso globale (sup. e sotterraneo), modello	0.25	----
Coeff. deflusso globale (sup. e sotterraneo), Turc	0.24	----
Evaporazione dallo specchio secondo il modello	1030 (mm/anno)	124 (Mm^3/anno)
Prelievi dal lago	91 (mm/anno)	11 (Mm^3/anno)
Prelievi dalla falda	--	0.4 (Mm^3/anno)
Prelievi ed evaporazione	1121 (mm/anno)	135 (Mm^3/anno)

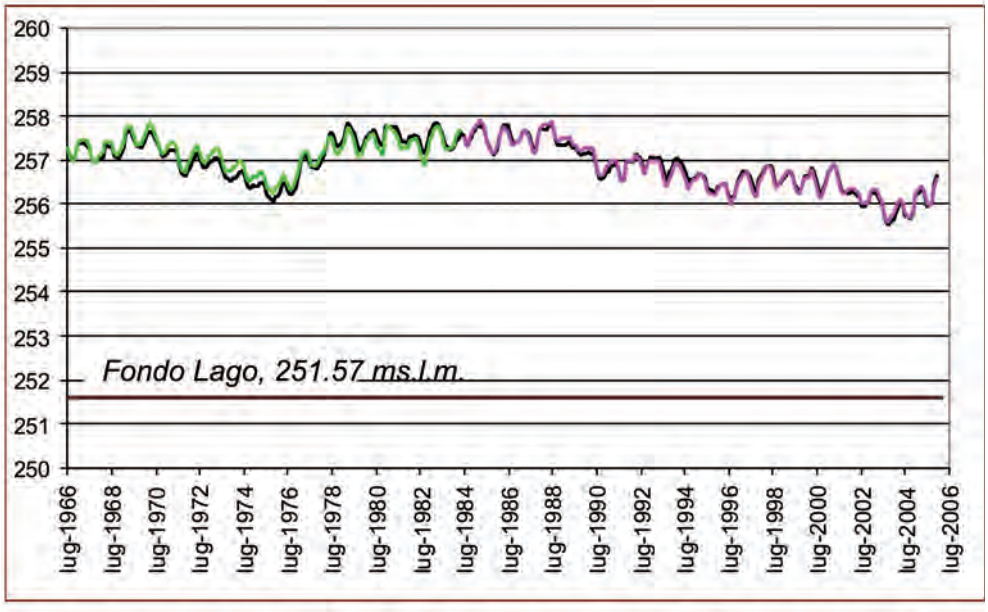


Fig. 8

Risultati della modellizzazione mensile. La curva nera rappresenta i livelli misurati, la viola e la verde rappresentano rispettivamente i livelli simulati nella fase di calibrazione e nella fase di validazione del modello

La fig. 9 mostra come, per apporti artificiali attorno ai 15 Mm^3/anno, l'emissario sarebbe entrato in funzione 7 volte, permettendo un certo ricambio dell'acqua ed eliminando gli effetti congiunti della scarsa piovosità e dei prelievi. Per ciò che riguarda l'acqua in uscita dall'emissario, nel momento in cui i livelli superano la soglia è stata ipotizzata una gestione che rilasci 6 m^3/s: sotto altre ipotesi i livelli potrebbero mantenersi notevolmente più alti. Le simulazioni indicano, comunque, che nell'attuale situazione climatica e con i prelievi attuali, per garantire un'alta frequenza di annate con funzionamento dell'emissario e un significativo ricambio delle acque è necessario fornire al lago almeno 14 – 15 Mm^3/anno.

3.5 Osservazioni finali e conclusioni

Pur tenendo conto della non altissima qualità dei dati termo-pluviometrici e idrometrici a disposizione (problema purtroppo comune a gran parte della rete di monitoraggio italiana) i dati a disposizione e la modellizzazione della trasformazione afflussi deflussi (periodo 1984 – 2006) indicano che:

- Il coefficiente di deflusso globale medio annuo del bacino è attorno a 0,24 - 0,25.
- La somma dei prelievi e dell'evaporazione dal lago è attorno a 135 Mm^3/anno. I prelievi effettivi dovrebbero essere al più attorno a 10 Mm^3/anno, con una diminuzione negli ultimi anni.

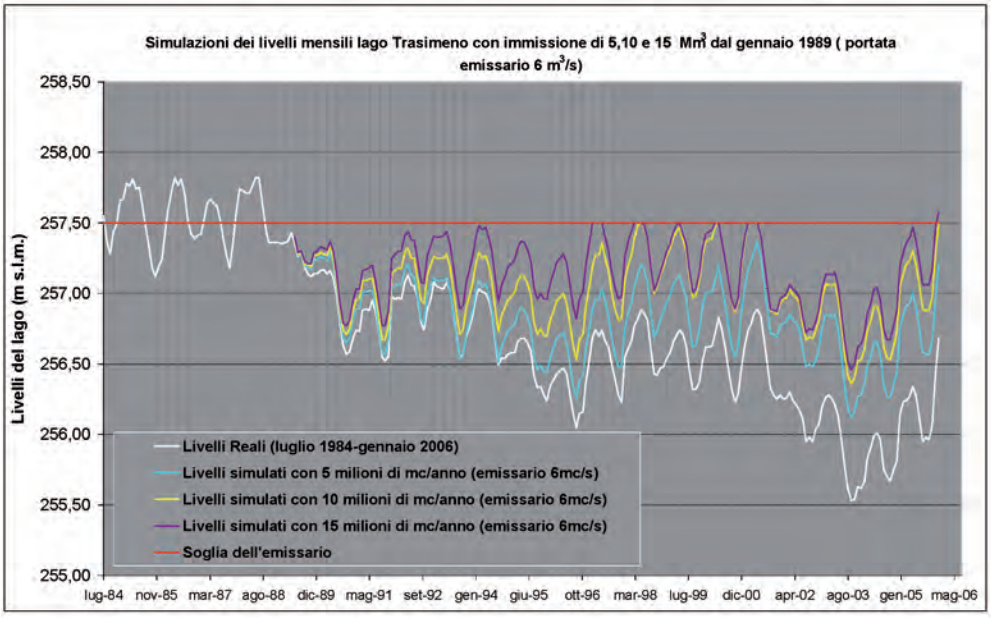


Fig. 9

Simulazioni livelli mensili del lago Trasimeno attraverso il modello LAGO 04 con immissione di volumi di acqua variabile e portata dell'emissario artificiale costante (6 m^3/s)

- Le precipitazioni nell'insieme mostrano un certo decremento, anche se non marcato come quello di altre località umbre. Vale la pena osservare (fig. 2) che la diminuzione della piovosità di 50 mm nei mesi invernali del periodo 1984 – 2006 rispetto al periodo 1966 – 1984, estesa al bacino ed al lago, corrisponde ad una diminuzione di circa 19 Mm^3/anno, solo parzialmente compensata dal più lieve aumento dei mesi autunnali. L'effetto della diminuzione della piovosità, esaltato dall'aumento della temperatura, è particolarmente importante se si considera che nella realtà la diminuzione media è dovuta all'addensarsi di anni con diminuzione notevolmente inferiore alla diminuzione media, e che questa è dello stesso ordine di grandezza dei prelievi.
- Le simulazioni indicano che per combattere efficacemente i problemi, ciclici, di livelli bassi e di aumento della salinità e del connesso rischio di deterioramento della qualità dell'acqua, è necessario apportare al lago circa 15 Mm^3/anno. Tale effetto può essere raggiunto anche con apporti minori, agendo sui prelievi, in modo tale comunque che la sommatoria dei nuovi apporti e del risparmio sui prelievi sia sempre attorno ai 15 Mm^3/anno. Questo volume, tutt'altro che trascurabile e superiore ai prelievi attuali, dipende dalle seguenti ragioni, ovvie, ma poco considerate. Negli ultimi decenni l'emissario non è mai entrato in funzione perché il livello è sempre stato sotto quello della soglia dell'emissario stesso: a ciò ha corrisposto una certa superficie media del lago. Se l'emissario entrerà in funzione, necessariamente il livello del Lago dovrà essere più alto e la sua superficie maggiore (cf. fig. 9). Dato che l'evaporazione (in volume) è proporzionale alla superficie evaporante, all'aumentare di questa inevitabilmente aumenteranno le perdite per evaporazione. A questo aumento delle perdite deve essere aggiunto anche il volume annuo rilasciato dall'emissario.
- Se il trend climatico rilevato dovesse continuare, e se gli scenari più gravi dell'IPCC dovessero avverarsi, l'apporto/risparmio di 15 Mm^3anno sopra stimati non sarebbero più sufficienti ad impedire un marcato decremento medio della superficie e dei livelli del Trasimeno.
- Per migliorare le conoscenze sul lago è necessario migliorare notevolmente la qualità della rete di misura dei dati idro-meteorologici, avendo particolare cura della continuità dei dati.

Riconoscimenti e ringraziamenti

Il lavoro è stato finanziato in parte con fondi della Fondazione Cassa di Risparmio di Perugia (progetto 2010.011.0442) e in parte nell'ambito del progetto M.I.C.E.N.A.-F.I.S.R. (pubb. n. 15). Gli autori ringraziano gli organi direttivi della Provincia di Perugia per il supporto ricevuto per gli studi pluriennali eseguiti sul Trasimeno; per il supporto tecnico e le informazioni fornite desiderano ringraziare in particolare la Dottoressa Roberta Burzigotti e gli Ingegneri Lucio Gervasi e Gianluca Paggi. Un caloroso ringraziamento è dovuto anche a Luciano Cialini, sorvegliante capo del Servizio Gestione Lago Trasimeno, per tutte le volte che si è prestato con competenza e cortesia ad accompagnare gli autori sul campo.

Bibliografia

Aarts E., Korst J. (1990) – *Simulated Annealing and Boltzmann Machines*, John Wiley & Sons.

Barazzuoli P., Mocenni B., Rigati R. & Salleolini M. (2002): *L'influenza della variabilità climatica sulle risorse idriche rinnovabili della Toscana Meridionale*. Atti del 1th Congresso Nazionale AIGA, 19-20 Febbraio 2003, Chieti: 55-68.

BURZIGOTTI R., DRAGONI W., EVANGELISTI C. & GERVASI L. (2003): *The Role of Lake Trasimeno (Central Italy) in the History of Hydrology and Water Management*. Proc. Third IWHA Conference, Bibliotheca Alexandrina, 11-14 December 2003, Alexandria-Egypt.

CAMBI C., DRAGONI W., VALIGI D. (2003). *Water management in low permeability catchments and in times of climatic change: the case of the Nestore River (western central Italy).* Physics and Chemistry of the Earth, 28/4-5 pp. 201-208.

CASTELLANI M., DRAGONI W., SETTI M., VINTI G. (2005) – *Preliminary results of a research on sediments of Lake Trasimeno*, Convegno Geoitalia 2005, Quinto Forum Italiano di Scienze della Terra, Spoleto 21 - 23 settembre 2005, Books of Abstracts. EPITOME, pag. 269.

CHIERICO M. (2003): *Un'elite all'opera: i cinquant'anni che segnarono il destino del Trasimeno*. Era Nuova, Perugia, pp. 142.

CIALINI, G. (1991) - *Memoria storico-artistica della Chiesa di Santa Maria di Ancaèlle, Università degli Studi di Perugia* - Collegio Pio della Sapienza, Perugia., pp.

CRESCENTI U., ORTOLANI F., PAGLIUCA S. (2008): *Il cambiamento climatico. Contributo degli studi geoarcheologici di siti del Mezzogiorno d'Italia*. In "La scienza nel mezzogiorno dopo l'unità d'Italia", Tomo II, coordinamento editoriale di Di Meo A., Rubbettino, pp.1141

DE BARTOLOMEO A., POLETTI L. , SANCHINI G., SEBASTIANI B. AND MOROZZI G. (2004): *Relationship among parameters of lake polluted sediments evaluated by multivariate statistical analysis*. Chemosphere, Volume 55, Issue 10, Pages 1323-1329.

DE FELICE A.M., DRAGONI W. (1991): *Studio idrogeologico di un bacino sulla "marnoso-arenacea"*. Atti del 1° Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Gargnano, 22-23 ottobre 1991 (Pubblicazione GNDCI-CNR n. 576), pp. 349 - 356.

DE FELICE A.M., DRAGONI W., GIGLIO G. (1993) – *Comparison of basin hydrological characteristics using only one lumped parameter: preliminary note.* 1th Conf. "Methods of Hydrologic Basin Comparison", Oxford, UK, Robinson M. (Ed.), Institute of Hydrology, Wallingford, UK, Rep. n. 120.

DEFFENU L., DRAGONI W. (1978): *Idrogeologia del Lago Trasimeno*. Geol. Appl. e Idrogeologia, vol. XIII, Bari, pp. 11-67.

DI MATTEO L., GNUCCI L., LOTTI F. (2005): *Problemi ambientali ed idrogeologici dei principali laghi dell'Italia Centrale.* Atti del Convegno "Giornata mondiale dell'acqua: lagune, laghi e invasi artificiali italiani" Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 22 MARZO 2005, in Atti dei Convegni Lincei, 222, pp. 247 - 259.

DI MATTEO L., DRAGONI W. (2006): *Climate Change and Water Resources in Limestone and Mountain Areas: the case of Firenzuola Lake* (Umbria, Italy). Proc. "8th Conference on Limestone Hydrogeology" - Neuchâtel, Switzerland. 21-23 September 2006. (pp. 83-88). ISBN/ISSN: 2-84867-143-2: Presses universitaires de Franche-Comté (FRANCE).

DI MATTEO L., DRAGONI W., GIONTELLA C., MELILLO M. (2010): *Impact of climatic change on the management of complex systems: the case of the Bolsena Lake and its aquifer (Central Italy)*. Chapter 5 in "Global Groundwater Resources and Management ", *Editor: B.S. Paliwal,* Selected Papers from The 33rd International Geological Congress, General Symposium: Hydrogeology, Oslo (Norway) Aug. 6-14, 2008, Scientific Publishers (India), Jodhpur, pp. 91-106.

DRAGONI W. (1982): *Idrogeologia del lago Trasimeno: sintesi, problemi, aggiornamenti.* Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5, 1982, , pp.192-206.

DRAGONI W. (2004): *Il Lago Trasimeno e le Variazioni Climatiche*. Progetto informativo dell'assessorato all'Ambiente della Provincia di Perugia, Servizio Gestione e Difesa Idraulica, pp 60, Perugia.

DRAGONI W. VALIGI D. (1994) – *Un modello per la stima dei deflussi mensili in bacini impostati su litotipi a bassa permeabilità.* Quad. Geol. Appl., 2, 279-286.

DRAGONI W, PISCOPO V., DI MATTEO L., GNUCCI L., LEONE A., LOTTI F., MELILLO M., PETITTA M. (2006): *Results of the PRIN Research Project "Lakes 2003-2005"*. Atti del 2° Congresso Nazionale AIGA 15-17 febbraio 2006, BARI, in Giornale di Geologia Applicata, Vol. 3, pp. 39 – 46.

DRAGONI W., EVANGELISTI C. (1999) - *Il problema del lago Trasimeno*. Spazio Ambiente, 3, Perugia, pp. 14 – 17.

DRAGONI W., VALIGI D. (1995) - *Un modello per la stima dei deflussi in bacini impostati su litotipi a bassa permeabilità.* Quad. Geol. Appl. Vol. II, Editrice Pitagora, Bologna, pp. 279-286.

DRAGONI W., SUKHIJA B. S. (2008): *Climate change and groundwater: a short review*. In "Climatic Change and Groundwater", edited by Dragoni W., Sukhija B. S., London, The Geological Society Publishing House, Geological Society Special Publication n. 288, pp. 1-12.

DUCCI D. AND TRANFAGLIA G. (2008) - *Effects of climate change on groundwater resources in Cam-*

pania (southern Italy). Geological Society, London, Special Publications, 2008; 288: 25 - 38.

Franconi, U., M. Mossone, F. Blasi, A. Burchia & W. Galinari. 1987. *Indagini chimiche e chimico-fisiche delle acque del Lago Trasimeno*. Atti del Convegno: La tutela dell'ambiente lacuale del Lago Trasimeno. Perugia, 8-9 marzo 1985. Provincia di Perugia: 61-91.

Gambini E. (1995): *Le oscillazioni di livello del lago Trasimeno.* Quaderni del Museo della Pesca del Lago Trasimeno, Grafiche Piemme, Perugia.

Gasperini L., Barchi M. R., Bellucci L. G., Bortoluzzi G., Ligi M., Pauselli C., (2010): *Tectonostratigraphy of Lake Trasimeno (Italy) and the geological evolution of the Northern Apennines*. Tectonophysics, 492, Iussue 1-4, 164-174.

IPCC (2007):. *The physical science basis – summary for Policymakers*. Contribution of WG1 to the Fourth assessment report of the *Intergovernmental* Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf.

Lazzari F. (2003): *Incertezze nella determinazione del coefficiente di deflusso di un bacino imbrifero*. Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense", 39, nn. 1/2, pp. 31-40.

Ludovisi A. Gaino E. (2010): *Meteorological and water quality changes in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) during the last fifty years*. J. Limnol., 69 (1): 174-188.

Melillo M. (2009): *Modellizzazione del Lago Trasimeno*. Tesi di Dottorato in "Scienze della Terra e Geotenologie", XX Ciclo. Settore Scientifico Disciplinare Geo-05, Universita' degli Studi di Perugia. Relatore W. Dragoni.

Ministero Dell'agricoltura e delle Foreste (1977): *Studio per la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturalistico del bacino del Trasimeno*, Vol. 2 "Aspetti fisici e ambientali", Italconsult, 1977.

Riganelli G. (2002): *Signora del Lago Signora di Chiusi*. EFFE Fabrizio Fabbri Editore, ISBN 88-87364-53-2

Thornthwaite C.W., Mather J.R. (1957) – *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Publ. Climatol. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol., 10 (3), 185–311.

Turc L. 1954: *Calcul du bilan de l'eau: evaluation en function des precipitation et des temperatures*. IAHS PUBL. 37, 88-200.

Vandewiele G.L., XU C-Y AND WIN N-L (1992) - *Methodology and comparative study of monthly water balance models in Belgium, China and Burma*. J. Hydrol., 134, 315–347.

Seconda parte
Ecologia

Sintesi

Le valutazioni ecologiche sviluppate sono quelle delle diverse componenti della vegetazione acquatica e spondale.

Sono state analizzate la struttura e la composizione del popolamento fitoplanctonico del lago Trasimeno negli ultimi 50 anni al fine di comprenderne l'evoluzione nel lungo periodo. Tale analisi ha evidenziato la tendenza ad un'accentuata monotonia del popolamento fitoplanctonico attuale con assoluta dominanza di poche specie, ricordando quella dei laghi piatti subtropicali eutrofi: netta dominanza di cianobatteri per gran parte dell'anno, tranne nei mesi invernali in cui le cloroficee assumono un'importanza rilevante. La riduzione del livello idrico, con riduzione della trasparenza e aumento della temperatura, sembrano essere i fattori che determinano tale fisionomia.

Valutare l'azione delle forze *top-down* sulla struttura di tutta la comunità planctonica sarebbe opportuno al fine di programmare interventi di biomanipolazione del Trasimeno.

La caratterizzazione delle macrofite presenti nel lago Trasimeno, eseguita nel 2010 in ottemperanza alla Direttiva Quadro sulle Acque, ha permesso di sperimentare l'applicabilità del metodo, elaborare una prima valutazione delle condizioni trofiche del lago ed

Summary

An ecological evaluation was made of the different components of aquatic and shore vegetation. The structure and composition of the phytoplankton population in Lake Trasimeno have been analyzed over the last 50 years in order to understand the long-term evolution. This analysis shows a tendency to a marked lack of variety in the current phytoplankton population, with a few species predominating completely. The situation is similar to that of subtropical eutrophic shallow lakes; there is a clear predominance of cyanobacteria during most of the year, except in the winter months when the Chlorophyceae population becomes substantial. The causes seem to be the decrease in the water level, along with decreased transparency and increased temperatures. It would be useful to evaluate the effect of top-down forces on the structure of all the planktonic communities in order to plan biomanipulation of Lake Trasimeno.

Individuation of the macrophytes present in Lake Trasimeno, carried out in 2010 in conformity with the Water Framework Directive, enabled us to test the method's applicability, make a preliminary evaluation of the trophic conditions of the lake, and show the variations the hydrophytic flora have undergone over the years. The macrophyte

evidenziare le variazioni subite dalla flora idrofitica nel corso degli anni. La comunità macrofitica, ampiamente diffusa da riva al centro lago, è dominata da specie sommerse tipiche di ambienti con valori di trofia medio-alti. La scomparsa di alcune idrofite natanti e radicanti con foglie natanti è dovuta soprattutto alla riduzione di habitat idonei a causa di artificializzazione delle sponde, bonifica idraulica, regressione e interramento del canneto. L'eutrofizzazione delle acque sembra aver svolto, invece, un ruolo secondario nella riduzione dei taxa, avendo, la quasi totalità delle specie non più rilevate o poco diffuse, caratteristiche trofiche del tutto simili a quelle tuttora presenti e abbondanti. Un importante ruolo ecologico nell'area sud del lago è svolto dai popolamenti di Characeae.

Il declino (*die-back*) della cannuccia di palude è un fenomeno noto in Europa Centrale da alcuni decenni. Una ricerca sviluppata negli ultimi 5 anni ha consentito di rinvenire la presenza di marcati sintomi di moria, riconducibili alla sindrome di *die-back*, anche nel canneto del lago Trasimeno, uno dei maggiori ecosistemi d'acqua dolce della penisola italiana. Le indagini si sono basate sulla misurazione di parametri di popolazione, morfologici e fenologici, su individui di Phragmites australis all'interno di 19 quadrati permanenti ubicati in diverse aree lungo le sponde del lago, con l'obiettivo di mettere a confronto le caratteristiche del canneto in condizioni ecologiche note. Lo studio, oltre a fornire indicazioni metodologiche sui parametri più appropriati nella diagnosi del fenomeno, evidenzia come sia già avvenuta una drastica riduzione di un ecosistema di grande rilevanza nella conservazione della biodiversità.

community, abundant from the shore to the centre of the lake, is dominated by submerged species typical of environments with medium-high eutrophication. The disappearance of some floating hydrophytes and rooted hydrophytes with floating leaves is due above all to the reduction of suitable habitats because of the creation of artificial shoreland, water drainage, and regression and burying of the reed bed.

Eutrophication of the waters seems only to have played a secondary role in reduction of the taxa, as nearly all of the species which are uncommon or no longer present have trophic characteristics no different from the species still abundant today. Characeae populations play an important role in the ecology of the southern part of the lake.

Common reed die-back is a widely investigated phenomenon in central Europe and has been so for some decades. A study carried out during the last 5 years has led to the detection of marked signs of blight which can be ascribed to the die-back syndrome, in the reed bed of Lake Trasimeno too, which hosts one of the largest freshwater ecosystems in Italy.

The study was based on the measurement of morphological and phenological parameters of example populations of Phragmites australis in 19 permanent plots located in different areas along the lake shores. The aim of the study was to compare the characteristics of the reed beds under known and differing ecological conditions. The study not only provides an indication of the most appropriate parameters to use in the diagnosis of the die-back syndrome, but the results also show an already drastic reduction of an ecosystem with a very important role in biodiversity conservation.

4. Struttura e composizione del popolamento fitoplanctonico del lago Trasimeno negli ultimi cinquanta anni

Antonia Concetta Elia
Chiara Todini
Margherita Di Brizio
Maria Illuminata Taticchi

4.1 Introduzione

Il lago Trasimeno, per la particolare morfologia del suo bacino, con un'ampia zona centrale, con una profondità massima della cuvetta di 6,3 metri ed una zona neritica molto estesa, può essere definito lago piatto o laminare o *shallow lake*. Dal 1600 al 1900, il lago ha avuto molti periodi di alto o basso livello: tra 3,5 metri sopra il livello di sfioro dell'emissario a 2 metri sotto tale livello (257,33 metri s.l.m.). La durata di questi periodi variava da pochi anni a 50 anni. Per limitare i danni delle piene, tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, l'abbassamento del livello delle acque è stato realizzato con il ripristino dell'emissario medievale e con la deviazione di due torrenti tributari del lago: Tresa e Rio Maggiore. Nel 1952, durante un periodo di basso livello, i due torrenti furono riaddotti al lago mediante il canale artificiale Anguillara. Nel 1958 il livello del lago scese ulteriormente, almeno 3 metri al di sotto del livello di sfioro e altri due torrenti (Moiano e Maranzano) furono addotti al Trasimeno tramite l'Anguillara, con l'ampliamento del bacino imbrifero di 44 km^2 (Taticchi, 1968). Con tale intervento, durante il 1963, la profondità massima del lago raggiunse 6,3 metri, ma dal 1989 fino ad oggi il livello delle acque si è mantenuto nuovamente sotto il livello di sfioro (Ludovisi e Gaino, 2010).

Le modificazioni indotte nel lago nel tempo hanno comportato cambiamenti importanti anche sulla struttura e composizione di tutta la comunità planctonica del Trasimeno, alterandone la successione stagionale. Questa è un processo autogeno durante il quale la selezione delle specie è indotta da cambiamenti ambientali derivanti dal metabolismo della comunità stessa. Le forze esterne possono invece determinare il resto della variabilità ambientale, che non può essere influenzata dalla comunità. All'interno di certe soglie, le forze esterne sono assorbite in modo efficiente da parte della comunità, senza lasciare un'impronta riconoscibile sulla composizione o abbondanza, mentre all'esterno di tali soglie, queste forze agiscono come un disturbo sullo sviluppo del fitoplancton,

alterandone la struttura e modificando il modello di successione.

Per gli *shallow lakes* il disturbo, dato dalla risospensione dei sedimenti, ha una frequenza molto alta (Honti *et al.*, 2007) e quindi la diversità di specie è elevata, in accordo con l'ipotesi del disturbo intermedio di Connell (1978); se per questi laghi la diversità di specie è bassa, le cause vanno ricercate tra fattori esterni alla comunità.

4.2 Evoluzione del fitoplancton del lago Trasimeno

I cambiamenti mostrati dal popolamento fitoplanctonico tra il 1962 e il 2009, sono evidenziati in maniera dettagliata sulla base delle numerose ricerche condotte sul lago Trasimeno. Sono stati considerati i risultati degli studi condotti dal 1962 in poi, poiché quelli precedenti rappresentano valutazioni qualitative, piuttosto che quantitative. La frequenza di campionamento delle ricerche condotte dal 1962 al 1992 è mensile, mentre quella del 2008-2009 è bimestrale. Per tutti i dati, è stato considerato il valore medio di densità numerica, piuttosto che di biomassa/litro, in quanto solo dal 1977 si disponeva di valori di biomassa. Per la comparazione dei dati è stato necessario uniformare alcune metodologie di conteggio. In particolare, le densità delle specie filamentose e coloniali sono state espresse come numero di filamenti e di colonie e per tutte le specie fitoplanctoniche le densità sono state riportate come ind/l*10^3.

Dal 1962 al 2009, la densità del fitoplancton è notevolmente cambiata. Nel corso degli anni si osserva, tranne che nel 1977, un incremento del numero di individui per litro, con valori particolarmente elevati e crescenti a partire dagli anni '90 (fig. 1).

Nella fig. 2 sono evidenziati i cambiamenti della struttura del fitoplancton in circa mezzo secolo di osservazioni: nel '62 (Cianficconi, 1968) cloroficee e bacillarioficee costituiscono il nerbo del popolamento; nel 69-70 (Taticchi, 1971) sono le cloroficee che dominano nettamente su cianobatteri, crisoficee e criptoficee-dinoficee; nel '73-74 (Di Giovanni *et al.*, 1974) i cianobatteri dominano su cloroficee, bacillarioficee, criptoficee-dinoficee; nel '77 (Trevisan,

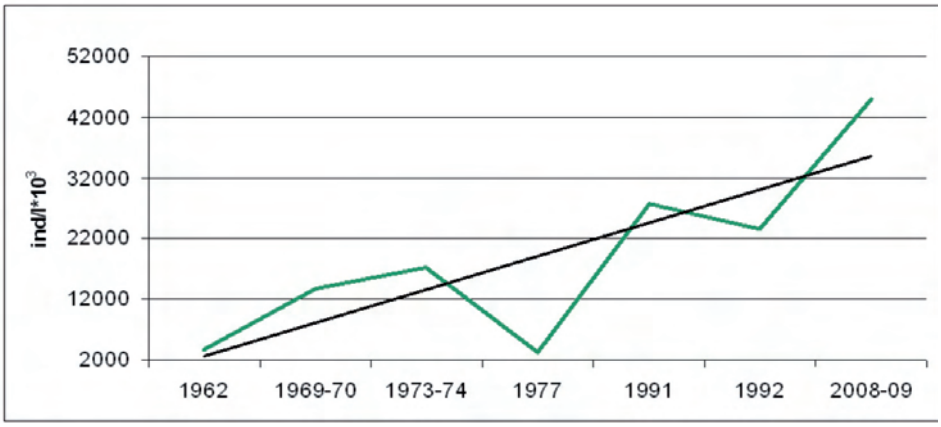


Fig. 1
Valori medi annuali di densità numerica del fitoplancton

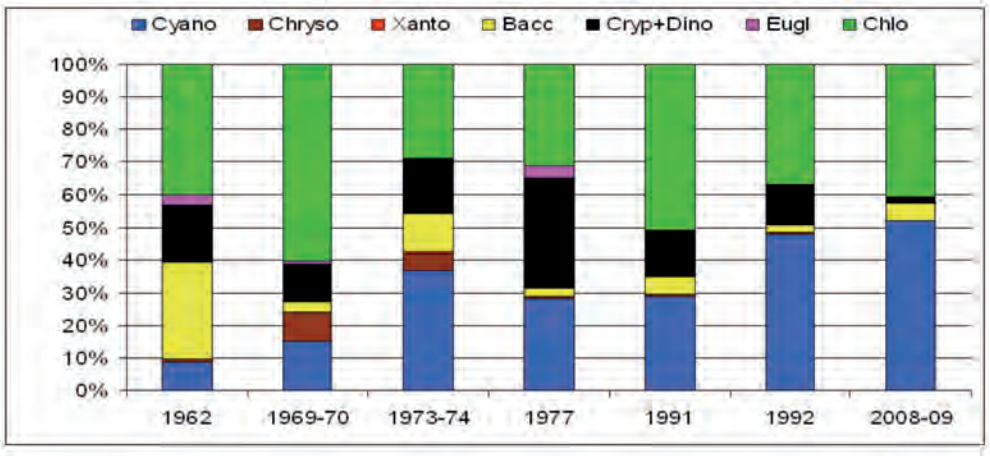


Fig. 2
Struttura del popolamento fitoplanctonico (%) nei singoli anni

1977) cloroficee, cianobatteri e dinoficee-criptoficee sono ugualmente importanti; nel '91 (Havens *et al.*, 2009; 2011) le cloroficee assumono ancora il ruolo più importante nel popolamento fitoplanctonico; dal '92 sono i cianobatteri che prendono il sopravvento sulle cloroficee e le altre componenti della comunità hanno sempre minore importanza (Havens *et al.*, 2009; 2011).

Analizzando nel dettaglio i valori medi di densità stagionale delle singole classi in ciascun anno (figg. 3-9), si osserva che il forte incremento della densità fitoplanctonica, registrato dagli anni '90 al 2009, può essere attribuito soprattutto ai cianobatteri (fig. 3a-b). Essi sono presenti in tutte le stagioni seppure con specie diverse (*Cylindrospermopsis raciborskii, Plankthothrix agardhii, Leptolyngbya sp., Oscillatoria sp., Chroococcus dispersus*), in genere in inverno sono meno abbondanti e raggiungono il massimo di densità in estate.

Anche le bacillarioficee (fig. 4a-b) sono presenti in tutte le stagioni, con massimi per lo più invernali. Il loro valore medio di densità oscilla fortemente negli anni, contrariamente a quella delle crisoficee (fig. 5a-b), che dopo i picchi degli anni '70, tendono quasi a scomparire; nel 2008-2009 queste ultime sono state rinvenute solo in estate.

Poco rappresentate sono le euglenoficee (fig. 6a-b) con densità numerica molto bassa, mentre dinoficee-criptoficee (fig. 7a-b), mostrano, nel '74 e nel '91, due picchi di densità. Nel 2009 quest'ultime presentano valori di densità annuale simile a quelle del 1962. Trascurabile è la partecipazione al popolamento algale del Trasimeno delle xantoficee (fig. 8a-b), che sono rappresentate solo fino al 1974.

Le cloroficee (fig. 9a-b) hanno un trend in forte ascesa come i cianobatteri, tuttavia, a differenza di queste mostrano una massiccia presenza in tutte le stagioni, naturalmente sono rappresentate da specie diverse al variare dei periodi (*Hyaloraphidium contortum, Monoraphidium tortile, Oocystis lacustris, Scenedesmus linearis, Scenedesmus quadricauda*).

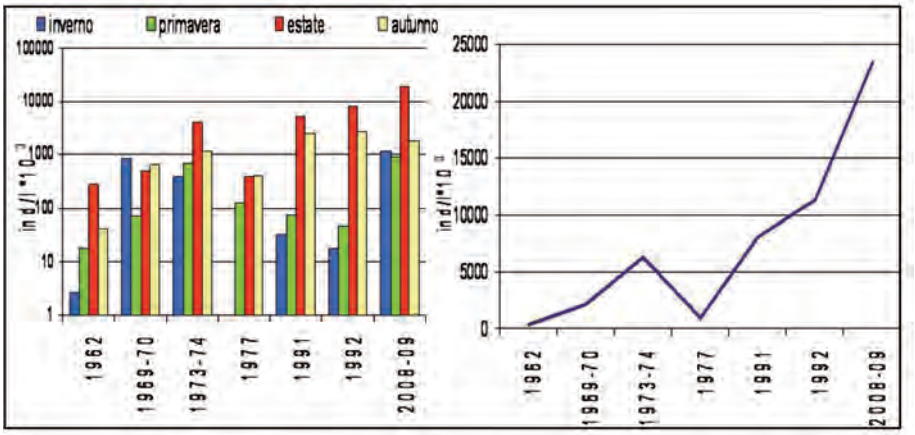


Fig. 3

Cianobatteri: valori medi di intensità stagionale (a) e annuale (b)

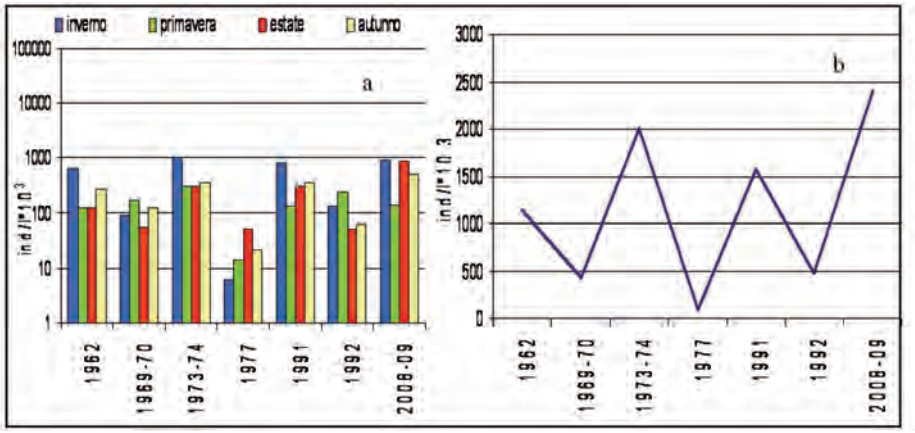


Fig. 4

Bacillarioficee: valori medi di densità numerica e stagionale (a) e annuale (b)

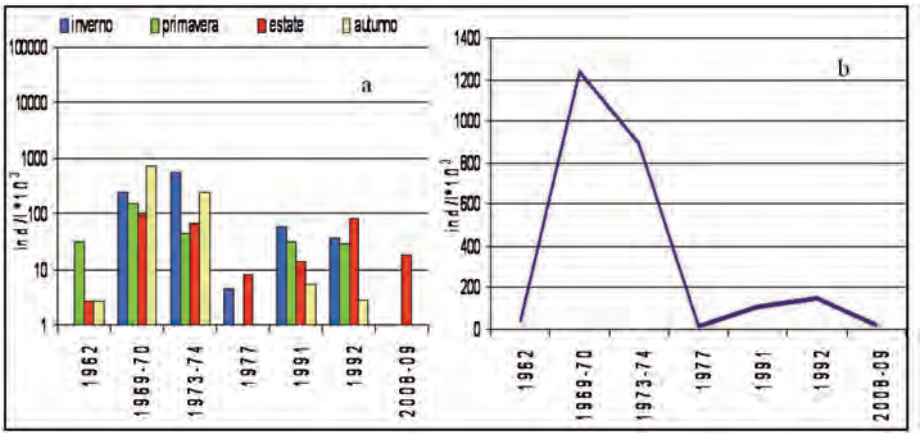


Fig. 5

Crisoficee: valori medi di densità numerica e stagionale (a) e annuale (b)

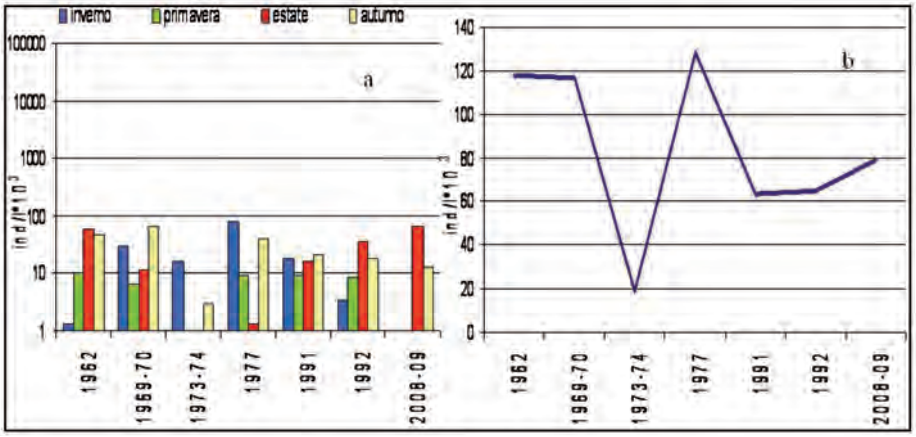


Fig. 6

Euglenoficee: valori medi di densità numerica e stagionale (a) e annuale (b)

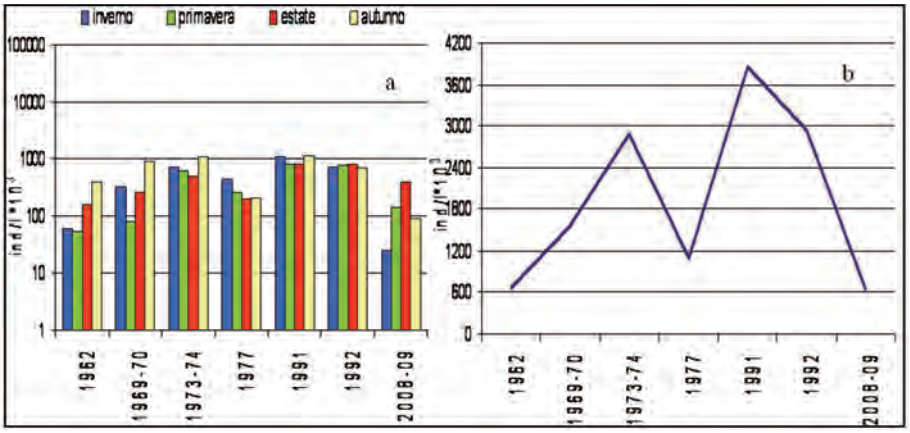


Fig. 7

Dinoficee-Criptoficee: valori medi di densità numerica e stagionale (a) e annuale (b)

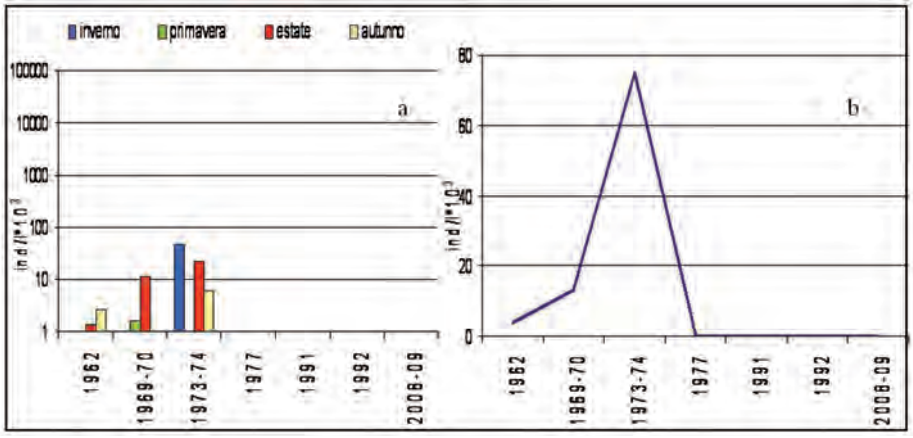


Fig. 8

Xantoficee: valori medi di densità numerica e stagionale (a) e annuale (b)

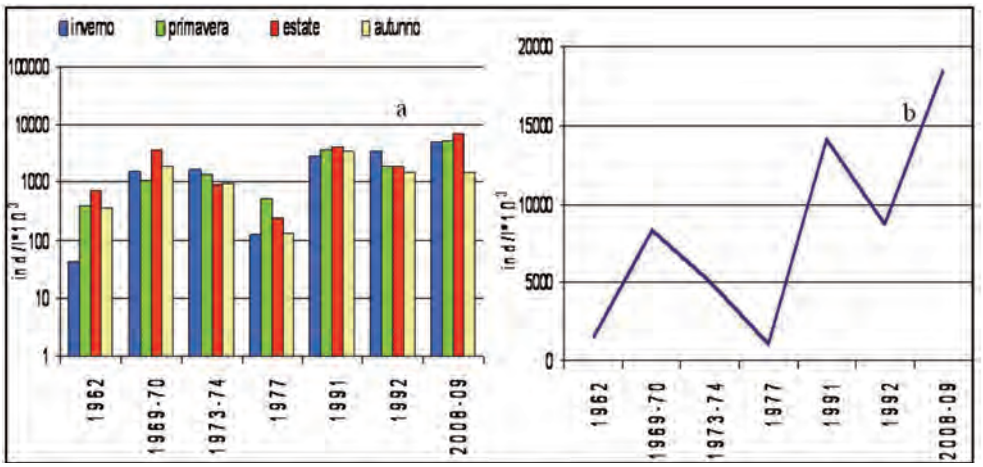


Fig. 9

Cloroficee: valori medi di densità numerica e stagionale (a) e annuale (b)

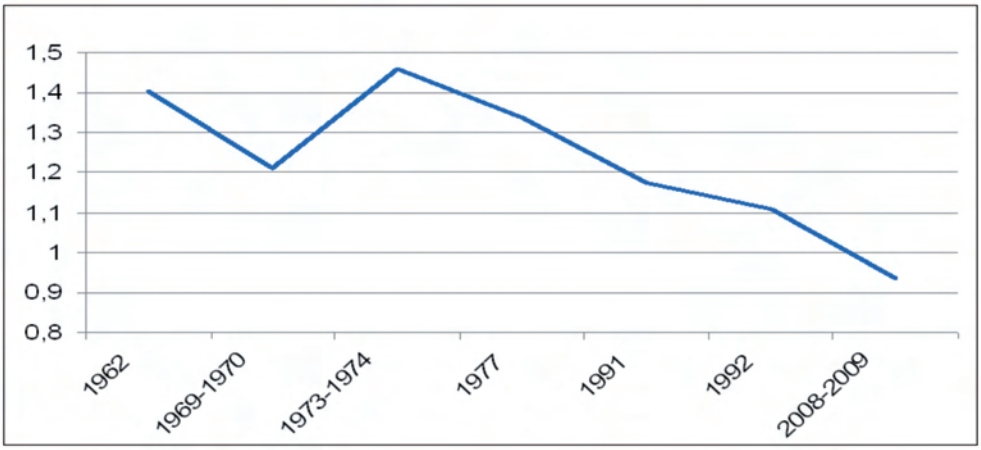


Fig. 10

Valori della diversità di Shannon (H') nei singoli anni dal 1962 al 2009

L'andamento dell'indice di Shannon (fig. 10) mostra un trend fortemente in discesa dal 1974 in poi. Ciò dimostra una tendenza ad un'accentuata monotonia del popolamento fitoplanctonico attuale con assoluta dominanza di poche specie.

Il popolamento fitoplanctonico presenta, in generale, instabilità della struttura, con fluttuazioni stagionali che variano di anno in anno. Tuttavia è possibile individuare le fasi temporali più salienti dell'evoluzione del fitoplancton degli ultimi 50 anni:

1. nei primi anni '60, con l'aumento di livello del lago, a seguito dell'ampliamento del bacino imbrifero, sono le specie r-strateghe che quantitativamente prendono il sopravvento. Si può individuare una successione stagionale nella quale le cloroficee sono più abbondanti in primavera, estate e autunno, criptoficee-dinoficee e

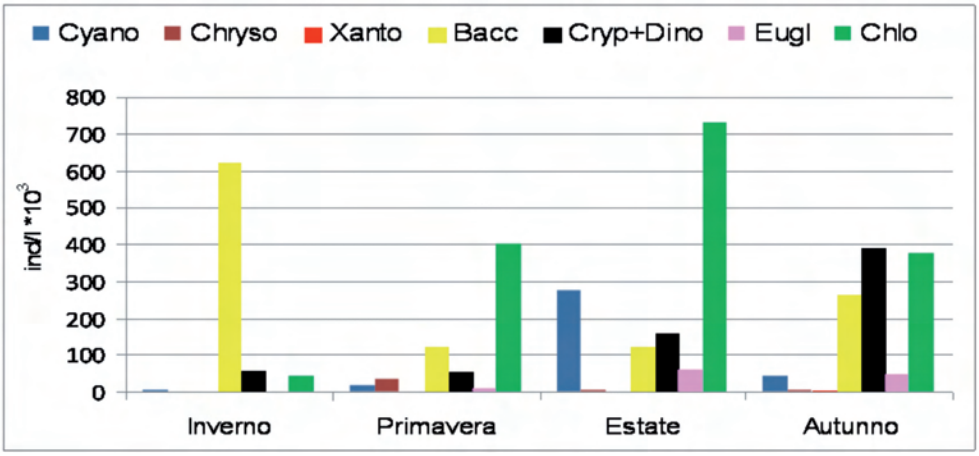


Fig. 11

Composizione del popolamento fitoplanctonico nel 1962

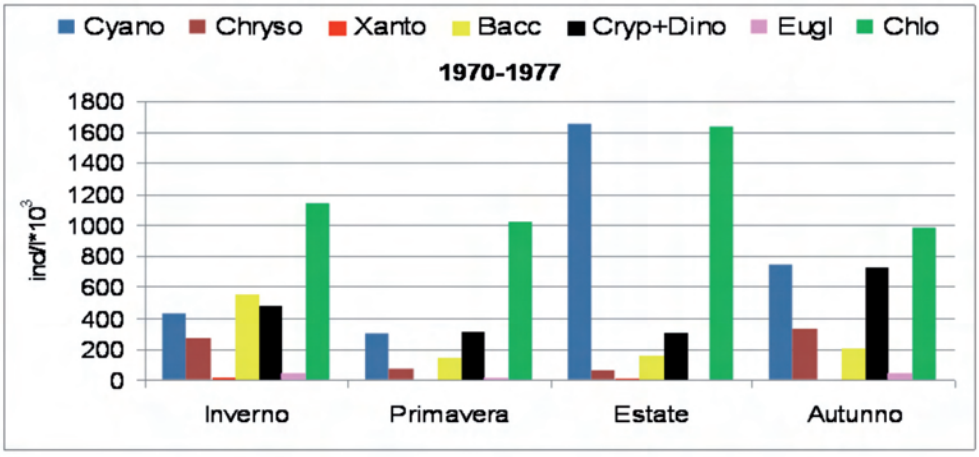


Fig. 12

Composizione del popolamento fitoplanctonico dal 1970 al 1977

bacillarioficee sono più abbondanti in autunno ed inverno, rispettivamente. I cianobatteri filamentosi sono presenti in quantità modesta in estate (fig. 11).

2. dalla fine degli anni '60 al 1980 si ha il cambiamento più evidente, quando cioè il Trasimeno da palude acquista la fisionomia di lago per l'aumentato livello delle acque che rende meno favorevole l'ambiente per la vegetazione acquatica e molti ambienti neritici, più o meno isolati dal centro lago, scompaiono; si riduce la fascia neritica ricca di idrofite con progressiva riduzione dell'eterogeneità ambientale. In questo periodo, pur essendo aumentata l'importanza dei cianobatteri, la loro densità non supera mai quella delle cloroficee, tranne in estate, quando esse diventano dominanti; le altre classi sono sempre presenti (fig. 12).

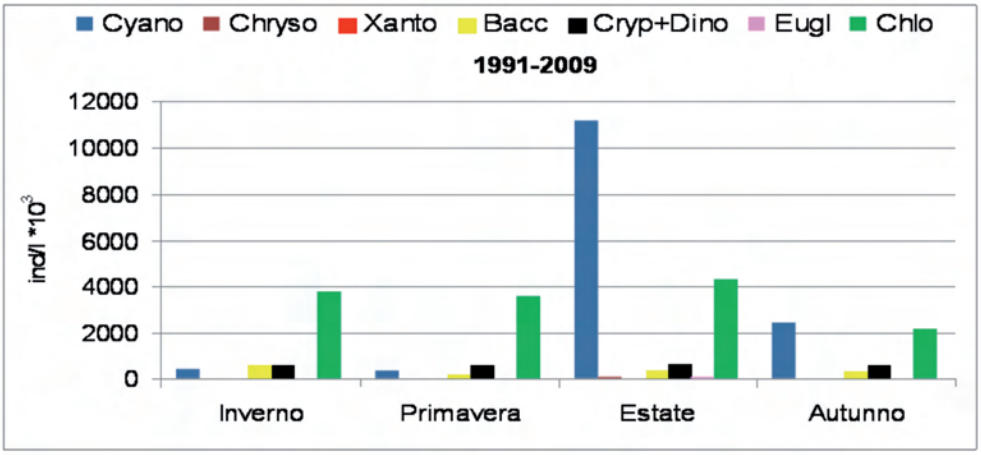


Fig. 13

Composizione del popolamento fitoplanctonico dal 1991 al 2009

3. dagli anni '90 al 2009, si ha la massima omogeneità ambientale e alcune classi fitoplanctoniche quasi spariscono, ma aumenta notevolmente la densità/litro algale, specialmente quella dei cianobatteri filamentosi (Fig 13).

L'analisi dei cambiamenti avvenuti nella struttura e composizione del fitoplancton mette in evidenza che essi sono dovuti non solo all'avvicendarsi delle stagioni, ma probabilmente anche ad altri cambiamenti ambientali registrati nell'ultimo cinquantennio.

In base ai dati rilevati nelle diverse ricerche effettuate sul Trasimeno a partire dagli anni '60, non è stato possibile eseguire un'analisi di correlazione tra i fattori chimico-fisici e le densità fitoplanctoniche. Infatti, i dati chimico-fisici sono stati rilevati con metodologie diverse, specialmente quelli degli anni '60 e '70 e, soprattutto, erano relativi ai giorni di campionamento e quindi non rilevati in continuo per tutto l'anno. Tuttavia si possono delineare alcuni cambiamenti avvenuti nel cinquantennio:

1. riduzione del livello idrologico, che dal 1990 ad oggi, si trova al di sotto della soglia di sfioro e la profondità massima del lago attualmente è compresa tra 3 e 4 metri; questo comporta una facilitazione della risospensione dei sedimenti;
2. riduzione della trasparenza dagli anni '90 che raggiunge il minimo nel 2008-2009. Sebbene essa sia dipendente prevalentemente dal moto ondoso che porta in sospensione il sedimento (Havens *et al.*, 2009; Havens *et al.*, 2011), le sue variazioni possono essere attribuite anche alla densità algale (M.A.R.U., 1994);
3. aumento dei valori di conducibilità dal 1969 al 2009, in relazione alla riduzione della quantità di acqua nel lago;
4. riduzione dei valori di pH, che sembra essere influenzato dal livello idrologico;
5. aumento dei valori di temperatura (media annuale) dell'acqua dal 1956 (Moretti, 1958) ad oggi. Si deve ricordare che il Trasimeno non è un

lago stratificato e che tra la superficie e il fondo si può registrare al massimo 1°C di differenza. Pertanto il rimescolamento, con sospensione del sedimento e riscaldamento di tutta la colonna di acqua, è maggiore quanto minore è la profondità ed è massimo proprio in estate.

Alcune di queste osservazioni trovano conferma nel recente lavoro di Ludovisi e Gaino (2010).

4.3 Conclusioni

Il decennio che va dal 1970 al 1980 è complessivamente il periodo più equilibrato e più stabile per il lago. Dal confronto tra lo stato attuale e quello riscontrato negli anni '60, immediatamente dopo l'apporto di acque al lago, mediante la costruzione del canale immissario, quando il ripristino delle condizioni di lago era solo all'inizio, si può ipotizzare che il Trasimeno stia riacquistando la facies palustre degli anni '50. Durante questo periodo (per il quale non sono state effettuate valutazioni quantitative, ma si dispone solo di indicazioni generali sullo stato de lago) il cianobacterio *Microcystis aeruginosa*, in particolari condizioni climatiche e data la sua abbondanza, causava moria di pesci per occlusione delle branchie e per le tossine prodotte (Moretti, 1958). Sebbene, la profondità attualmente non abbia ancora raggiunto il minimo storico e la vegetazione non abbia ancora invaso il centro lago come negli anni '50 (Foto 1), si possono notare delle analogie tra i due periodi: il pH presenta valori simili e le fioriture di cianobatteri si verificano per lunghi periodi dell'anno. La composizione percentuale del fitoplancton è molto cambiata; prima degli anni '90 tutte le classi erano più o meno rappresentate in tutti i mesi. Nel 2008-2009, invece, si nota la dominanza dei cianobatteri per gran parte dell'anno, tranne che nei mesi più freddi, quando le cloroficee prendono il sopravvento; solo le bacillarioficee sono presenti in tutti i mesi, seppure con valori di biomassa molto bassi.

Foto 1

Lago Trasimeno invaso da idrofite negli anni '50

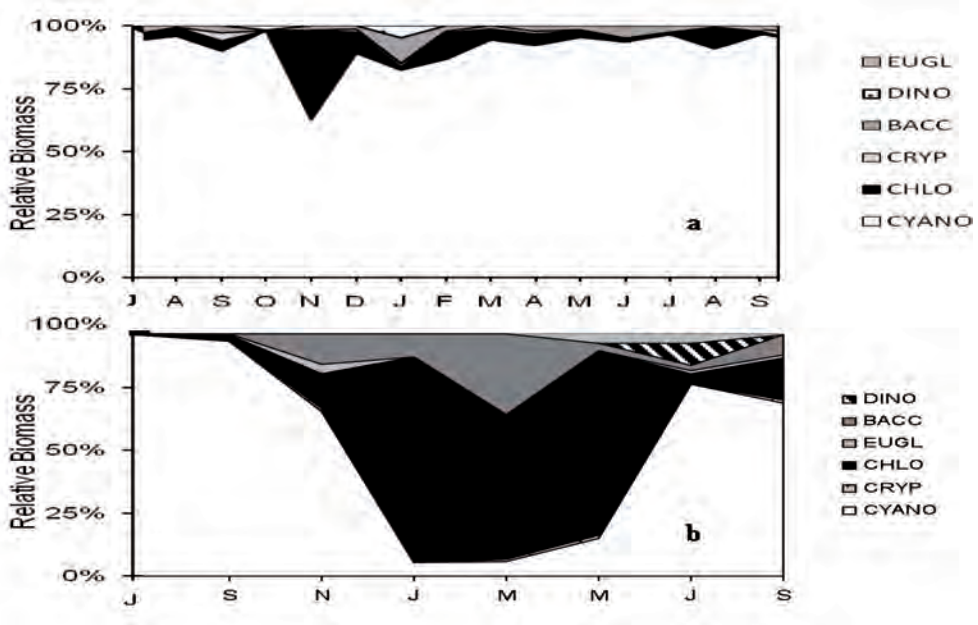


Fig. 14.

Valori percentuali di biomassa delle classi fitoplanctoniche a) lago Apopka, (luglio 2003- settembre 2004; campionamento mensile) b) lago Trasimeno (luglio 2008-settembre 2009; campionamento bimestrale)

La fisionomia attuale del fitoplancton del Trasimeno ricorda quella dei laghi piatti subtropicali eutrofi (lago Apopka), con una netta dominanza di cianoficee in tutti i mesi (fig. 14), in quelli più freddi anche le clorofi-cee assumono un'importanza rilevante (Havens *et al.*, 2009; 2011).

Il disturbo intermedio sembra aver agito dal ripristino delle condizioni di lago fino agli anni '80. Dopo quel periodo, invece, la diversità è bassa perché l'abbassamento del livello delle acque determina una condizione di disturbo permanente dovuto alla risospensione del sedimento con il continuo rimescolamento; il riscaldamento di tutta la colonna d'acqua faciliterebbe le cianoficee che possono anche sopportare condizioni di scarsa illuminazione.

La bassa diversità, inoltre, può essere attribuita anche all'impatto dell'abbondante popolazione di *Dreissena polymorpha* sul popolamento fitoplanctonico. Questa specie, infatti, essendo un filtratore molto attivo delle particelle sospese nell'acqua, potrebbe esercitare una selezione in base alla dimensione delle specie fitoplanctoniche più piccole, lasciando indisturbati i filamenti dei cianobatteri.

Sarebbe altamente informativo disporre di un set di dati biologici, prelevati in maniera regolare e in tempi ravvicinati, seppure per brevi periodi, relativi alla componente nectonica, bentonica e planctonica del Trasimeno (fauna ittica, bentos filtratore, zooplancton e fitoplancton), per valutare l'azione delle forze *top-down* sulla struttura della comunità planctonica. Ciò permetterebbe non solo di individuare le cause delle fioriture algali, ma anche di programmare, in maniera corretta, eventuali interventi di gestione (biomanipolazione, immissione di acque, ecc.).

Bibliografia

Cianficconi F. (1968) - *La produzione primaria misurata con il "metodo di Gaarder e Gran" nel Lago Trasimeno* (Umbria: Perugia). Riv. Idrobiol., VII, 1/2: 3-39.

Connell J. H. (1978) - *Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. Science*, 199: 1302-1310.

Di Giovanni M. V., Gianotti F. S., Mantilacci L., Tiberi O. (1974). In: *Prime informazioni sui nutrienti N, P e produttività del Lago Trasimeno*. In: Riv. Idrobiol., XIII, 2/3: 281- 360.

Havens K. E., Elia A.C., Taticchi MI., Fulton III RS (2009) - *Zooplankton-phytoplankton relationships in shallow subtropical versus temperate lakes Apopka (Florida USA) and Trasimeno (Umbria, Italy)*. Hydrobiologia, 628:165-175.

Havens K. E., Elia A.C., Taticchi MI., Fulton III RS (2009). *Erratum to: Zooplankton-phytoplankton relationships in shallow subtropical versus temperate lakes Apopka (Florida, USA) and Trasimeno (Umbria, Italy).* Hydrobiologia 663::265-266.

Honti M., Istvanovics V., Osztoicos A. (2007) *Stability and change of phytoplankton communities in a highly dynamic environment- the case of large, shallow Lake Balaton (Hungary)* Hydrobiologia, 581:225-240.

Ludovisi A., Gaino E. (2010) - *Meteorological and water quality changes in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) during the last fifty years*. J. Limnol., 69(1): 174-188.

M.A.R.U. (1994) - *Piano di Gestione per il Lago Trasimeno finalizzato al controllo dell'eutrofizzazione. Parte IV.* Ministero dell'Ambiente e Regione Umbria.

Moretti G. P. (1958) - *Il Lago Trasimeno (Tre anni di studi idrobiologici).* Quad. Soc. Biol. Sper., Perugia, ed N. Simonelli, pp 230.

Taticchi M.I. (1968) - *Vicende stagionali delle comunità littoranee del lago Trasimeno* (1963-1965). In: Riv. Idrobiol., 7, 3, 195-302.

Taticchi M.I. (1971) - *In: Ragguagli sulle condizioni fisiche, chimiche, planctonologiche e bentoniche del Lago Trasimeno.* Riv. Idrobiol., X, 3: 93- 134.

Trevisan R. (1977) - *Fluttuazione stagionale della densità e della biomassa fitoplanctonica del Lago Trasimeno* (luglio 1976- agosto 1977). Riv. Idrobiol., XVI, 3: 297- 330.

5. Prime valutazioni ecologiche sulle macrofite del Trasimeno

Gianluca Lazzerini
Barbara Todini
Elisabetta Ciccarelli

5.1. Premessa

Secondo le procedure di valutazione definite dalla Direttiva Quadro sulle Acque (*Direttiva 2000/60/CE Water Framework Directive, WFD*), le macrofite rappresentano una delle componenti biologiche da prendere in considerazione per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici lacustri. A seguito di ciò, Arpa Umbria ha condotto, nel corso del 2010, una prima caratterizzazione delle macrofite del lago Trasimeno, seguendo la metodologia di rilevamento definita da APAT (Buraschi *et al.*, 2008).

L'indagine ha avuto carattere ricognitivo non essendo stati elaborati, per il momento, né indici macrofitici né condizioni di riferimento validati per la classificazione dello stato ecologico dei laghi di ambiente mediterraneo, fra i quali rientra il Trasimeno. Essa è stata orientata, oltre che a testare il metodo proposto da APAT, ad elaborare una prima valutazione delle condizioni trofiche e dello stato ecologico del lago Trasimeno, in base alla frequenza/abbondanza delle macrofite rilevate. Questa valutazione preliminare è necessariamente provvisoria per la citata assenza di indici tarati sulle condizioni specifiche del lago. Va ricordato, fra l'altro, che il Trasimeno si distingue profondamente dagli altri grandi laghi italiani, soprattutto per essere un lago di tipo laminare, con una profondità massima ormai inferiore ai 6 m che fa sì che l'intero fondale sia potenzialmente colonizzabile dalla vegetazione idrofitica.

Per un giudizio più completo sullo stato attuale della vegetazione macrofitica presente, i risultati ottenuti sono stati posti a confronto con alcuni dati storici. In particolare si è fatto riferimento ai lavori di Barsali (1913), Granetti (1965), Cecchetti e Lazzerini (2007) e Lazzerini e Mariani (2009). I primi due, in particolare il secondo, forniscono dati qualitativi esaurienti sulla flora idrofitica del lago Trasimeno agli inizi del '900 ed ai primi anni '60. Gli altri due, più recenti, danno informazioni anche sulla frequenza delle specie e sul grado di copertura del fondale.

5.2 Materiali e metodi

5.2.1 Campionamento

La campagna di monitoraggio delle macrofite, condotta sul lago Trasimeno nel 2010, è stata eseguita secondo quanto previsto dal protocollo APAT per il monitoraggio della vegetazione acquatica dei corpi lacustri (Buraschi *et al.*, 2008). Il metodo, finalizzato alla determinazione dello stato ecologico dei laghi, prevede il rilevamento della presenza e della frequenza delle specie idrofitiche (sommerse, natanti e radicanti con foglie natanti), nell'accezione ampia comprendente angiosperme, pteridofite, briofite e macroalghe, mentre risultano escluse le elofite. Per l'identificazione dei diversi *taxa* campionati si è fatto riferimento a: *Les Algues d'eau douce* (Bourelly, 1981-1985-1990); Flora analitica delle Caroficee (Bazzichelli e Abdelahad, 2009); Flora d'Italia (Pignatti, 1982); *The Freshwater Algal Flora of the British Isles* (John *et al.*, 2005).

La procedura di campionamento prevede una fase preliminare di raccolta delle informazioni sulla presenza delle macrofite, sulla base delle quali effettuare la suddivisione del corpo idrico in siti floristicamente omogenei e la disposizione di transetti perpendicolarmente alla linea di costa, lungo i quali eseguire i rilevamenti ai diversi intervalli di profondità.

5.2.1.1 Definizione dei siti

I siti sono stati definiti, in numero di 3, su base geolitologica e vegetazionale. Per il primo criterio si è fatto riferimento alla Carta Geologica d'Italia (Foglio 122, Perugia e relative note illustrative) (Jacobacci *et al.*, 1970), che consente di distinguere un'area sud-ovest del bacino lacustre a netta prevalenza di sabbie e ciottoli fluvio-lacustri plio-pleistocenici, da un'area nord-est a netta prevalenza di macigno della serie toscana (mg). Per le valutazioni sulla distribuzione della componente macrofitica è stato preso in considerazione il lavoro di Cecchetti e Lazzerini (2007), che individuava per l'area compresa fra Isola Polvese, S. Feliciano e la scesa delle Colonne (ad ovest di S. Arcangelo), caratteristiche vegetazionali peculiari con presenza, anche abbondante, di specie altrove assenti, come *Potamogeton lucens* e diverse specie di Characeae.

I siti definiti sono: sito 1 – area ovest fra Borghetto e la scesa delle Colonne; sito 2 – area nord-est fra Borghetto e S. Feliciano; sito 3 – area sud-est fra Isola Polvese, S. Feliciano e la scesa delle Colonne.

Siti e transetti sono stati individuati mediante l'ausilio di un sistema GIS, facendo uso delle ortoimmagini georiferite a disposizione di Arpa Umbria. I transetti sono stati tracciati in numero di 6 per sito, come prescritto dal protocollo, per un totale di 18, di cui 12 dalla costa a centro lago e 6 dalla costa ad isola Polvese (fig.1).

5.2.1.2 Esecuzione dei rilievi

I campionamenti delle macrofite sono stati eseguiti nel periodo giugno-luglio 2010, con l'ausilio di una piccola barca a motore. I transetti, memorizzati in un GPS Magellan Meridian con precisione orizzontale di 3 m, in presenza di segnale di correzione WAAS, EGNOS o MSAS, sono stati percorsi con l'imbarcazione fino al raggiungimento dei punti di prelievo, individuati a diversi intervalli di profondità, uno ogni metro (da 0 ad 1, da 1 a 2, etc.). I rilievi (4 per ogni punto) sono stati condotti con l'ausilio di un rastrello a 13 denti, legato ad una corda metrata, mediante la quale è stato possibile registrare le profondità di campionamento. L'uso del rastrello si è reso necessario su quasi tutti i pun-

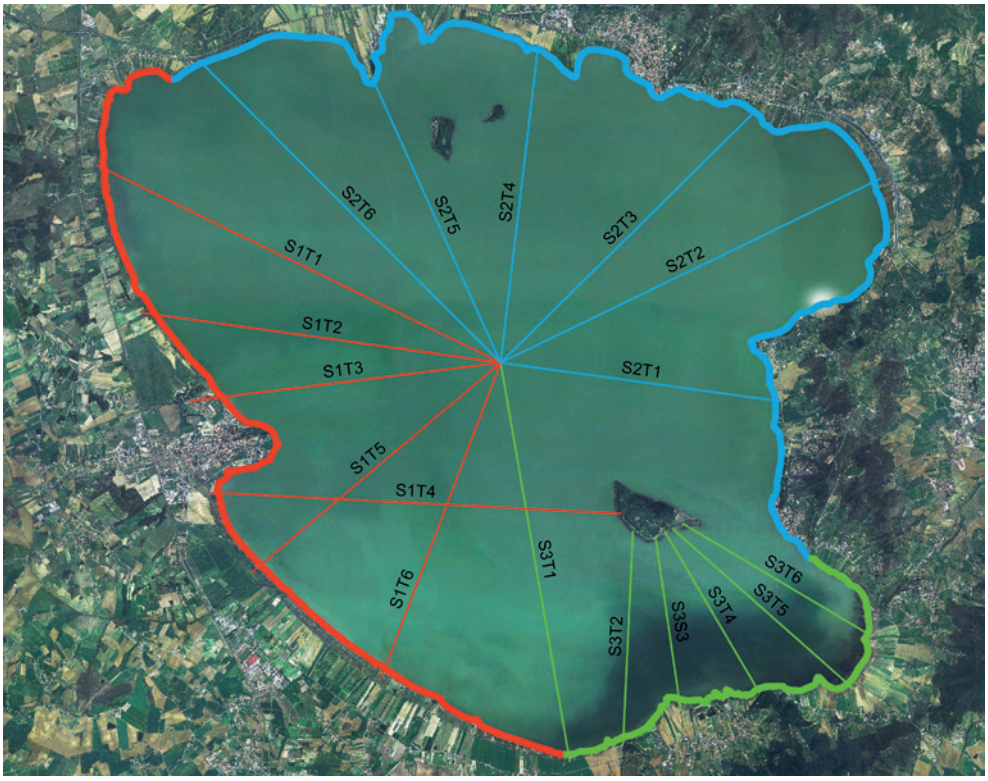


Fig. 1
Siti e transetti

ti indagati, data la scarsa trasparenza dell'acqua, che non ha permesso l'impiego di altri strumenti, come telecamera subacquea e batiscopio.

5.3. Elaborazione dati

Il calcolo dell'abbondanza delle diverse specie raccolte nella campagna 2010, richiesto al fine dell'elaborazione degli indici macrofitici, è stato eseguito a partire dalle frequenze rilevate in fase di campionamento, secondo quanto indicato in Oggioni *et al*. (2009). Per consentire la confrontabilità con i dati di Cecchetti e Lazzerini (2007) e Lazzerini e Mariani (2009), acquisiti con procedure di rilevamento diverse, le frequenze sono state definite considerando ogni singolo rilievo come campione elementare, introducendo una modifica a quanto proposto da Oggioni *et al*. (2009). Per le valutazioni sullo stato ecologico del Trasimeno si è tenuto conto anche della forma biologica delle idrofite rilevate, della presenza/assenza di specie esotiche e della biodiversità della comunità macrofitica, espressa come numero di specie o, ove possibile, come indice di Simpson modificato (*Sd*) (Oggioni *et al.*, 2009).

In assenza di indici macrofitici specifici per i laghi mediterranei, per l'elaborazione dei dati si è fatto riferimento ad alcuni indici proposti in ambito europeo per la valutazione delle condizioni trofiche degli ambienti lacustri:

Macrophyte Index (MI) (Melzer,1999), Reference Index (RI)(Schaumburg *et al.*, 2007) e Trophic Ranking Score (TRS) (Palmer *et al.*, 1992)(tab.1).

Gli indici MI e RI, che si basano su valori quantitativi, sono stati utilizzati per mettere a confronto i dati raccolti nel 2010 con quelli di Cecchetti e Lazzerini (2007) e Lazzerini e Mariani (2009). L'indice TRS, basato sulla sola presenza/assenza di specie alle quali è assegnato un valore trofico specifico, è stato utilizzato per poter comparare i dati del 2010 anche con quelli qualitativi, raccolti da Barsali (1913) e Granetti (1965). Gli indici utilizzati sono stati elaborati per realtà diverse da quella del Trasimeno ed italiane in genere e presentano fra loro differenze, a volte consistenti, sul valore trofico assegnato alle diverse specie. Tuttavia, pur non avendo una elevata affidabilità, essi permettono comunque una valutazione ed un confronto, nel tempo, dello stato trofico del lago.

5.4. Risultati e discussione

5.4.1 Composizione e abbondanza della comunità macrofitica del lago Trasimeno

In tab.2 vengono riportati i dati relativi alla caratterizzazione floristica dei 3 siti individuati sul Trasimeno nella campagna di monitoraggio del 2010 ed alcuni indicatori di qualità ecologica (numero specie, *Sd*) e degli indici calcolati .

Dai risultati emerge che il sito 3 si distingue nettamente dagli altri due per una più elevata biodiversità (attestata dal numero di specie e da valori di diversità *Sd* più elevati), una maggiore abbondanza macrofitica, un livello trofico più basso (attestato da tutti e tre gli indici computati) e una maggiore diversificazione delle Characeae. Il sito 1 (area ovest fra Borghetto e la scesa delle Colonne) è caratterizzato, al contrario, da un minor numero di *taxa* e da uno sviluppo della vegetazione acquatica molto più limitato.

In tab. 3 sono posti a confronto i dati di frequenza delle specie macrofitiche rilevate nel corso del 2010 con quelli acquisiti da Cecchetti & Lazzerini (2007) e Lazzerini & Mariani (2009). Quasi tutte le specie rilevate nei tre anni sono tipiche di ambienti ad elevata alcalinità e la maggior parte, sicuramente quelle appartenenti alle angiosperme, risultano tolleranti gradi di trofia da medi ad elevati (*Potamogeton pectinatus, Myriophyllum spicatum, P. perfoliatus, P. crispus,* etc.).

Si evidenzia, inoltre, la scarsa presenza di idrofite natanti e radicanti con foglie natanti. Infatti, le specie *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor* e *Nymphaea alba* sono

Tabella 1- Indici macrofitici e corrispondenti classi di qualità

Macrophyte Index (MI)	*Livelli di trofia*	*Trophic Ranking Score (TRS)*	*Livelli di trofia*	*Reference Index (RI)*	*Stato ecologico*
1,00-1,99	slight	4,30	distrofico	1,00-0,76	1
2,00-2,49	low	5,57	oligotrofo	<0,76-0,51	2
2,50-2,99	moderate	7,10	mesotrofo	<0,51-0,26	3
3,00-3,49	immense	8,63	eutrofo	<0,26-0,00	4
3,50-3,99	heavy			-- --	5
4,00-5,00	massive				

Tabella 2 – Dati floristici relativi ai siti indagati nel 2010

specie	sito 1	sito 2	sito 3
	Frequenza		
Potamogeton pectinatus L.	50,00%	35,83%	67,19%
Chara globularis Thuill.	6,25%	3,33%	46,88%
Myriophyllum spicatum L.	17,97%	39,17%	34,38%
Ceratophyllum demersum L.	4,69%	20,00%	24,22%
Potamogeton crispus L.	-	32,50%	21,09%
Najas marina L.	5,47%	16,67%	20,31%
Chara hispida L.	-	-	17,19%
Potamogeton lucens L.	-	-	17,19%
Potamogeton perfoliatus L.	14,06%	38,33%	10,94%
Nitellopsis obtusa (Desv.) Groves	-	-	7,81%
Vallisneria spiralis L.	1,56%	-	4,69%
Najas minor All.	3,91%	-	4,69%
Chara delicatula Agardh non Desv.	-	-	2,34%
Nitella hyalina (DC.) Agardh	-	-	1,56%
Cladophora L.	2,34%	3,33%	0,78%
abbondanza	3,94	7,33	11,19
n° specie	9	8	15
s_d	79,50	84,08	89,32
RI (Reference Index) *	0,49	0,43	0,57
MI (Macrophyte Index)	3,19	3,36	2,97
TRS (Ttrophic Ranking Score)	9,30	9,19	8,80
profondità massima vegetazione (m)	3,70	4,50	3,20

(*) Il *reference index*, tarato per la determinazione della qualità ecologica dei laghi non stratificati delle terre basse della Germania del Nord, si compone di due moduli, il modulo macrofite ed il modulo diatomee. Esso prevede però, in assenza dei dati relativi ad uno dei due moduli, la possibilità di utilizzare solo quelli relativi all'altro

Tabella 3- Specie campionate e relative frequenze di rilevamento (anni 2007-2009-2010)

specie rilevate		2007	2009	2010
sommerse	*Potamogeton pectinatus* L.	18,20%	37,51%	45,65%
	Myriophyllum spicatum L.	4,30%	12,59%	30,34%
	Potamogeton perfoliatus L.	9,40%	19,35%	24,54%
	Potamogeton crispus L.	0,40%	9,52%	18,69%
	Ceratophyllum demersum L.	5,50%	33,13%	15,08%
	Najas marina L.	85,20%	35,41%	13,13%
	Chara globularis Thuill.	4,30%	4,67%	11,83%
	Chara hispida L.	2,80%	3,73%	2,97%
	Potamogeton lucens L.	0,80%	1,49%	2,97%
	Cladophora L.	1,70%	0,18%	2,50%
	Najas minor All.	21,90%	4,22%	2,17%
	Vallisneria spiralis L.	2,10%	2,70%	1,36%
	Nitellopsis obtusa (Desv.) Groves	0,50%	1,76%	1,35%
	Chara delicatula Agardh non Desv.	0,10%	3,37%	0,41%
	Nitella hyalina (DC.) Agardh	0,30%	0,21%	0,27%
	Chara vulgaris L.	1,20%	-	-
	Chara connivens Salzmann ex A. Braun	-	0,24%	-
natanti	*Lemna minor* L.	-	0,05%	-
	Spirodela polyrhiza (L.) Schleiden	-	0,05%	-
radicanti con foglie natanti	*Nymphaea alba* L.	-	0,01%	-

state rinvenute solo nel 2009 e con frequenze molto basse.

Il contingente di idrofite radicanti con foglie natanti, attualmente è rappresentato da *Nymphaea alba*, che ricopre pochi m^2 nella darsena di S. Arcangelo e da un tappeto di poche centinaia di m^2 di *Potamogeton natans*, nei pressi del pontile di attracco dei traghetti di Castiglione del Lago. Tali specie sono state osservate in fase di sopralluogo durante la campagna 2010, ma a causa delle esigue aree di crescita, non sono ricadute nei transetti di campionamento.

Le specie natanti, rappresentate solo da Lemnaceae, sono state osservate nel 2010 nelle acque stagnanti dei fossi immissari e solo sporadicamente sullo specchio lacustre.

Altro elemento da sottolineare è la notevole variazione della frequenza di alcune specie da un anno all'altro. In particolare, si può osservare un forte decremento dal 2007 al 2010 di *Najas marina*, mentre *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus, Myriophyllum spicatum* presentano, nello stesso periodo, un trend di diffusione inverso. L' analisi dei dati storici riportati nei lavori di Granetti (1965), Orsomando e Catorci (1991), Barsali (1913), permette di affermare che l'elevato sviluppo di *Najas* verificatosi nel 2007 (e probabilmente anche negli anni immediatamente precedenti, come riportano le testimonianze di pescatori e tecnici) rappresenta un evento anomalo probabilmente legato ad uno o più fattori combinati di disturbo, naturali e/o antropici, il cui effetto si è gradualmente ridotto negli anni successivi. *Najas marina* tollera un'alcalinità libera elevata, alte salinità e predilige condizioni termofile. Ciò fa supporre, ma l'ipotesi dovrebbe essere sottoposta a verifica, che il picco riscontrato nel 2007 sia stato favorito da condizioni di elevate temperatura e ricchezza in sali, quest'ultima indotta dal prolungato abbassamento del livello idrico, tendenza invertitasi nell'ultimo periodo.

Fra le specie identificate nel corso del monitoraggio del 2010 (Tabb. 2 e 3) non sono state riscontrate specie esotiche, la cui presenza anche in passato è risultata trascurabile. *Elodea canadensis*, ad esempio, fu segnalata da Cicioni alla fine dell'ottocento e successivamente soltanto da Venanzoni e Gigante (2000). *Azolla filiculoides*, specie neotropicale, segnalata per la prima volta da Granetti (1965), è presente nei fossi immissari del lago ma risulta sporadica sullo specchio lacustre. Nel 2009, Gigante *et al.* (2010) hanno rilevato la presenza di *Lemna minuta*, associata a *Spirodela polyrhiza*, in un piccolo e denso lamineto all'interno di una imbarcazione abbandonata al margine del canneto, in prossimità del depuratore di Tuoro. *Lemna minuta* associata a *Spirodela polyrhiza* e ad *Azolla filiculoides*, è stata rilevata da Arpa nella medesima area durante un sopralluogo del giugno 2010, nelle acque stagnanti del fosso immissario.

In tab. 4 il numero di *taxa* campionati durante il monitoraggio del 2010 è posto a confronto con quello rilevato in passato (Barsali 1913; Granetti 1965; Cecchetti e Lazzerini, 2007; Lazzerini e Mariani, 2009). La tabella evidenzia una riduzione, negli anni, del numero complessivo delle specie macrofitiche, che ha interessato soprattutto le idrofite natanti e radicanti con foglie natanti, ma non le sommerse. La perdita di biodiversità rispetto al passato sembra imputabile, soprattutto, alla riduzione degli habitat idonei all'insediamento e allo sviluppo delle specie natanti e radicanti con foglie natanti, riconducibile a diversi fattori, fra i quali:

- artificializzazione delle sponde e bonifica idraulica delle aree palustri cingenti il lago;

- regressione e interramento del canneto (*Phragmites australis*) favorito dall'abbassamento del livello idraulico e dall'abbandono gestionale, con relativa scomparsa di aree di acque calme, protette dal moto ondoso.

Tabella 4 – Distribuzione nel tempo del numero delle specie di macrofite raccolte nel Trasimeno

n° specie macrofite	*2010*	*2009*	*2007*	*1965*	*1913*
idrofite totali	15	19	16	24	26
sommerse	15	16	16	13	14
radicanti con foglie natanti	0	1	0	4	7
natanti	0	2	0	7	5

L'eutrofizzazione delle acque sembra aver svolto, invece, un ruolo secondario nella riduzione dei *taxa*, infatti, la quasi totalità di quelli non più rilevati o poco diffusi (ad esempio *Nuphar lutea*, *Salvinia natans*, *Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Myriophyllum verticillatum, Polygonum amphibium, Spirodela polyrhiza, Zannichellia palustris*), presentano prevalentemente caratteristiche trofiche del tutto simili alle specie tuttora presenti e abbondanti.

La presenza di Characeae nell'ambito del Trasimeno non è stata oggetto, in passato, di particolari studi ed approfondimenti. Barsali (1913) segnalò la presenza di *Chara foetida* (= *C. vulgaris*), Di Giovanni (1961) reperì più volte *C. delicatula*, abbastanza diffusa nel periodo '58-'60; Granetti (1965) segnalò lo sviluppo in quantità esigua di *Chara* sp e *Nitella* sp.. Successivamente Orsomando e Catorci (1991) individuarono *Chara* spp. e *Nitella* spp. a centro lago, alle profondità maggiori. Negli anni dal 2007 al 2010 sono stati rilevati estesi e densi popolamenti paucispecifici di Characeae, soprattutto nell'area sud del lago (sito 3 – area sud-est fra Isola Polvese, S. Feliciano e la scesa delle Colonne) e nell'area di Castiglione del Lago (Cecchetti e Lazzerini, 2007; Lazzerini e Mariani, 2009). Le Characeae svolgono un importante ruolo ecologico, in quanto sono in grado di sequestrare le sostanze nutritive prevalentemente dalla colonna d'acqua; peraltro, avendo un tasso di decomposizione più basso delle fanerogame, garantiscono un rilascio più graduale di nutrienti (Kufel & Kufel, 2002). Utilizzando, inoltre, il bicarbonato nella fotosintesi favoriscono, nei periodi di intensa attività fotosintetica, la precipitazione di calcite, con conseguente immobilizzazione del fosforo e chiarificazione dell'acqua.

5.4.2 Indici macrofitici

Tabella 5 – Classificazione in base ai valori degli indici macrofitici

Indici macrofitici	*1913*	*1965*	*2007*	*2009*	*2010*
Trophic Ranking Score (TRS)	8,76	8,61	8,78	8,70	8,80
Reference Index (RI)	-	-	0,20	0,50	0,47
Macrophyte Index (MI)	-	-	3,09	3,18	3,25

Nella tab. 5 sono riportati i risultati degli indici macrofitici Trophic Ranking Score (TRS), Reference Index (RI) e Macrophyte index (MI) calcolati con i dati raccolti nel tempo e le corrispondenti classi di qualità. Dalla lettura della tabella emerge un trend costante nel tempo dell'indice TRS, i cui valori segnalano condizioni di marcato trofismo delle acque del lago dall'epoca di Barsali, nonostante le pressioni antropiche in quegli anni fossero presumibilmente inferiori alle attuali.

È, inoltre, interessante osservare come i valori degli indici RI e MI rica-

dano negli anni 2009 e 2010 nella stessa classe di qualità, mentre nel 2007 l'RI riveli un peggioramento dello stato ecologico del lago. Il Reference Index sembra essere in grado di registrare l'elevata crescita verificatasi in quell'anno di *Najas marina*, specie indicatrice di alti livelli trofici. Il Macrophyte Index, al contrario, non può risentire dell'abbondanza di tale specie, non essendo questa compresa tra i *taxa* indicatori utilizzati dall'indice. A tal proposito è necessario sottolineare l'importanza, per il futuro, di poter disporre ai fini della classificazione ecologica delle acque lacustri, di indici che facciano riferimento a liste aggiornate, comprendenti le specie indicatrici del territorio nazionale. In generale, comunque, gli indici utilizzati segnalano nei tre anni un livello trofico compreso tra medio ed elevato. Ciò concorda con i dati registrati per i laghi di tipo laminare come il Trasimeno, caratterizzati da produttività e livello di nutrienti elevati, dovuti all'alto rapporto fra superficie del bacino sotteso e volume d'acqua invasato e al notevole carico interno. Dati storici e caratteristiche geomorfologiche suggeriscono la necessità di adottare misure rigorose mirate a contrastare l'apporto esterno di nutrienti ed il conseguente processo di eutrofizzazione del lago, ma al contempo inducono a supporre che il livello di trofia non possa attestarsi, realisticamente, su valori molto diversi dagli attuali.

5.5 Conclusioni

In base allo studio eseguito possono essere riportate alcune considerazioni conclusive sull'importante ruolo ecologico svolto dalla componente macrofitica nel lago Trasimeno.

Le macrofite, grazie alla loro ampia e abbondante diffusione su tutto il corpo lacustre, risultano essere degli ottimi indicatori dello stato trofico delle acque. Inoltre, come produttori primari svolgono una funzione essenziale nel controllo e nel mantenimento dei complessi equilibri fra le diverse componenti lacustri. In particolare, va sottolineato che nei laghi laminari come il Trasimeno la presenza della vegetazione acquatica risulta fondamentale, in quanto compete con le popolazioni algali nell'utilizzo dei nutrienti e della luce e di conseguenza ne limita l'eccessiva crescita anche delle specie potenzialmente tossiche, che determinerebbe effetti negativi e difficilmente reversibili su tutto l'ecosistema. Quanto affermato è supportato dalla *shallow lakes theory*, che considera la dominanza delle idrofite sulle alghe la condizione di massima qualità ecologica e ritiene perciò essenziale la conservazione di una comunità macrofitica estesa ed abbondante (Scheffer *et al.*, 1993; Scheffer & Van Nes, 2007).

In base a quanto riportato, si può concludere che il monitoraggio di parametri quali abbondanza e diversità specifica delle idrofite, associato a quello di elementi che condizionano direttamente la loro crescita (trasparenza dell'acqua, carico dei solidi sospesi, etc.), risulta di fondamentale importanza per verificare lo stato di salute del Lago e per l'adozione di misure idonee a garantire la conservazione della comunità macrofitica, contrastare le fioriture algali ed impedire un ulteriore deterioramento dello stato qualitativo del Trasimeno. In conclusione, si evidenzia che la classificazione dello stato ecologico, ai fini della Direttiva CE/2000/60, non può prescindere dalla definizione di un indice specifico per i laghi mediterranei, che tenga conto delle differenti peculiarità dei laghi del territorio nazionale.

BIBLIOGRAFIA

BARSALI E. (1913) - *Sulla macroflora del Lago Trasimeno o di Perugia*. Bull. Soc. Bot. Ital., 7-8: 159- 165.

BAZZICHELLI G., ABDELAHAD N. (2009) - *Flora analitica delle Caroficee.* Università La Sapienza. Editrice Sapienza, Roma.

BOURELLY P. (1981-1985-1990) - *Les Algues d'eau douce.* Editions N. Boubèe & C., Paris.

BURASCHI E., BUZZI F., GARIBALDI L., LEGNANI E., MORABITO G., OGGIONI A., POZZI S., SALMASO N., TARTARI G. (2008) - *Protocollo di campionamento di macrofite acquatiche in ambiente lacustre. Metodi biologici per le acque. Parte I.* APAT.

CECCHETTI A., LAZZERINI G. (2007) - *La vegetazione idrofitica del Lago Trasimeno – Campagna di monitoraggio 2007*. Parco del Lago Trasimeno, Passignano sul Trasimeno.

DI GIOVANNI M.V., (1961) - *Il problema delle idrofite e delle alghe nei confronti della pesca nel Lago Trasimeno.* Atti VII Giorn. Veter. prodotti pesca, Ancona: 1-19.

GIGANTE D., LANDUCCI F., FI G., VENANZONI R. (2010) - *Notula 1632. Lemna minuta Kunth (Araceae).* Notulae alla Checklist della Flora vascolare Italiana: 9. Inform. Bot. Ital. 42(1): 387-388

GRANETTI B., (1965) - *La flora e la vegetazione del Lago Trasimeno. Parte I: la vegetazione litoranea. Parte II: la vegetazione idrofitica sommersa e natante.* Riv. Idrobiol., 4 (3): 115-183. Tip. Porziuncola, Assisi.

JACOBACCI A., BERGOMI C., CENTAMORE E., MALATESTA A., MALFERRARI N., MARTELLI G., PANNUZZI L., ZATTINI N. (1970) – *Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Fogli 115 «Città di Castello», 122 «Perugia», 130 «Orvieto»*. Servizio Geologico d'Italia.

JOHN D.M., WHITTON B.A., BROOK A.J. (EDS), 2005 - *The Freshwater Algal Flora of the British Isles – An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press.

KUFEL L., KUFEL I. (2002) - *Chara beds acting as nutrient sinks in shallow lakes—a review.* Aquatic Botany, 72: 249–260.

LAZZERINI G., MARIANI M. (2009) - *La vegetazione idrofitica del Lago Trasimeno – Campagna di monitoraggio 2009.* Parco del Lago Trasimeno, Passignano sul Trasimeno.

MELZER A. (1999) – *Aquatic macrophytes as tools for lake management.* Hydrobiologia, 395/396: 181–190.

NICHOLS S., WEBER S. & SHAW B (2000) – *A proposed Aquatic Plant Community Biotic Index for Wisconsin Lakes*. Envir. Manage, 26: 491-502.

OGGIONI A., BUZZI F., BOLPAGNI R. (2009) - *Indici macrofitici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi: MacroIMMI e MTIspecies.* In: Marchetto A., Boggero A., Ciampittiello M., Morabito G., Oggioni A., Volta P. (a cura di), *Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi.* Report CNR-ISE, 02-09: 50-74.

ORSOMANDO E., CATORCI A. (1991) - *Carta della vegetazione del comprensorio Trasimeno (scala 1:50.000).* Associazione Comuni del Trasimeno. Dipartimento di Botanica ed Ecologia, Università degli studi di Camerino. SELCA, Firenze.

PALMER M., BELL S., BUTTERFIELD I. (1992) - *A botanical classification of standing waters in Britain: applications for conservation and monitoring.* Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst., 2: 125-143.

PIGNATTI S. (1982) - *Flora d'Italia*. Edagricole Ed., Bologna

SHAUMBURG J., SCHRANZ C., STELZER D., HOFMANN G. (2007) - *Action Instructions for the ecological Evaluation of Lakes for Implementation of the EU Water Framework Directive: Makrophytes and Phytobenthos.* Bavarian Environment Agency.

SCHEFFER M., HOSPER S.H., MEIJER M.L., MOSS B., JEPPESEN E. (1993) - *Alternative equilibria in shallow lakes.* Trends in Ecology and Evolution, 8: 275–279.

SCHEFFER M., VAN NES E.H. (2007) - *Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size.* Hydrobiologia, 584: 455–466.

VENANZONI R., GIGANTE D. (2000) - *Contributo alla conoscenza della vegetazione degli ambienti umidi dell'Umbria (Italia).* Fitosociologia, 37 (2): 13-63.

6. Il declino della popolazione di *Phragmites australis* al lago Trasimeno

Daniela Gigante
Roberto Venanzoni

6.1. Introduzione

Il sistema di habitat palustri del lago Trasimeno, sede di due siti della Rete Natura 2000 e di un Parco Regionale, si è caratterizzato negli ultimi decenni per uno stato di progressivo declino delle comunità vegetali spondicole. Tale fenomeno si è manifestato attraverso un graduale impoverimento floristico accompagnato dalla contrazione, e in alcuni casi dalla scomparsa, di specie e comunità di grande rilevanza conservazionistica. In particolare, le vaste superfici occupate in passato dal canneto (associazione *Phragmitetum vulgaris* Soó 1927) si sono progressivamente ridotte, frammentate e degradate, manifestando fenomeni di evidente sofferenza a carico della popolazione di cannuccia [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.].

A partire dall'anno 2006, grazie ad un progetto di ricerca finanziato per il biennio iniziale dalla Provincia di Perugia (Servizio Protezione Ambientale e Parchi), i sintomi di declino sono stati monitorati e confrontati con i dati disponibili in letteratura. Si è evidenziata la presenza della sindrome di moria del canneto (*die-back*), riconosciuta e studiata negli ultimi decenni in Europa centrale e settentrionale (Van der Putten, 1997). Il fenomeno è molto complesso e si manifesta attraverso un insieme di sintomi diversificati a carico della comune cannuccia di palude. Per questo motivo, il lavoro di indagine, svolto nell'arco di diversi anni e tuttora in corso di approfondimento, si è articolato in un approccio multidisciplinare ed ha preso in considerazione diversi aspetti: parametri macromorfologici e isto-anatomici degli individui di cannuccia, densità ed estensione spaziale della popolazione, cambiamenti temporali, aspetti floristico-vegetazionali, parametri ambientali. Dall'analisi integrata dei risultati conseguiti è stato possibile delineare lo scenario che attualmente caratterizza il canneto del lago Trasimeno.

6.2. Inquadramento della problematica: il fenomeno *die-back*

A partire dagli anni '50 in Svizzera, l'attenzione di numerosi studiosi si è concentrata sull'osservazione di uno stato

di sofferenza a carico dei canneti, fenomeno rivelatosi in seguito ampiamente diffuso nei laghi dell'Europa centrale e settentrionale (Den Hartog *et al.* 1989, Ostendorp 1989, Van der Putten 1997, Brix 1999). Nel corso dell'ultimo trentennio, le sempre più numerose osservazioni di canneti in declino e le relative indagini scientifiche hanno fatto emergere il fenomeno come un tema di particolare gravità, tanto da portare alla definizione di una vera e propria sindrome, descritta come "un fenomeno anomalo, spontaneo e irreversibile, di ritiro, distruzione o scomparsa di un canneto maturo osservabile in un arco di tempo più breve di un decennio" (Van der Putten 1997). Fino a pochi anni fa, le ricerche non indicavano alcun riscontro del fenomeno nel Bacino del Mediterraneo, limitando la sua diffusione ai territori con clima temperato freddo o continentale. Van der Putten (1997) indicava come i canneti mostrassero condizioni di vigore e sviluppo ottimale nei climi di tipo mediterraneo, con una tendenza all'espansione piuttosto che al ritiro. D'altra parte, indagini specifiche in aree mediterranee/submediterranee non erano disponibili fino all'ultimo decennio, e proprio questa assenza di dati può essere stata all'origine di una sottostima del fenomeno. In Italia, la prima osservazione si deve a Fogli *et al.* (2002) i quali, analizzando i canneti di acque salmastre presenti nella Sacca di Goro (Delta del Po), ipotizzano la presenza della sindrome di *die-back*. La prima segnalazione del fenomeno in Italia peninsulare si riferisce al lago Trasimeno (Gigante *et al.*, 2008c).

La sindrome di declino del canneto si manifesta con la comparsa di numerosi sintomi di sofferenza a carico degli individui di *Phragmites australis*: ad esempio anomalie nell'accrescimento, quali assottigliamento e ridotta crescita in altezza dei culmi, morte di gemme e apici radicali, culmi precocemente disseccati, anomala lignificazione e suberizzazione negli apici delle radici avventizie, presenza di *callus* ad ostruzione dell'aerenchima, bassa densità e massa secca dei culmi, anomalie nell'epoca e nell'intensità della fioritura, struttura alterata dell'apparato radicale, accrescimento in cespi. Quest'ultima manifestazione, indicata in letteratura come *clumping*, è fortemente correlata al fenomeno del *die-back* e sembra essere la conseguenza della formazione di blocchi nel tessuto vascolare con successivo arresto della dominanza apicale. A livello di popolazione, la frammentazione e la scomparsa dei canneti dalle acque profonde sono considerati sintomi di declino. Nella presente trattazione i riferimenti bibliografici di dettaglio sono stati omessi; per una lista più ampia della produzione scientifica attinente il tema del declino dei canneti si rimanda a Gigante *et al.* (2011a).

La moria dei canneti, contrariamente a quanto si potrebbe pensare, non risulta circoscritta ai laghi con acque inquinate. La cannuccia di palude, specie a distribuzione subcosmopolita, vegeta senza alcun danno anche in laghi ipertrofici. In alcune aree del mondo tende addirittura a comportarsi come specie altamente invasiva, ad esempio in Nord America e talora persino in Europa. Grazie all'ampia tolleranza ecologica rispetto alla qualità delle acque in cui si sviluppa, questa specie viene utilizzata con successo nella fitodepurazione, proprio in virtù della sua capacità di accumulare sostanze tossiche ed inquinanti, inclusi alcuni metalli pesanti. Pertanto, l'alterazione della qualità delle acque non sembra rappresentare, da sola, un elemento risolutivo nell'interpretazione del *die-back* dei canneti. È opinione diffusa che si tratti di un fenomeno generato da una moltepli-

cità di cause interagenti: tra queste, i dati di letteratura indicano principalmente la stabilizzazione artificiale dei livelli lacustri, l'inquinamento delle acque e del sedimento, i danni indotti da parassiti, il disturbo meccanico da parte del moto ondoso causato dalla navigazione, il consumo da parte di erbivori, la scarsa diversità genetica (si tratta infatti di una specie a propagazione prevalentemente vegetativa).

6.3. Analisi condotte al lago Trasimeno

A partire dal 2006, i canneti del lago Trasimeno sono stati oggetto di un'indagine finalizzata a formulare una diagnosi sullo stato di conservazione dell'ecosistema palustre. In particolare, si è cercato di verificare e quantificare la presenza di sintomi di declino e la loro affinità con il fenomeno diffuso in Europa centro-settentrionale, allo scopo di verificare l'eventuale presenza di *die-back* anche in un contesto bioclimatico mediterraneo. Lo studio è partito dall'individuazione di 7 siti rappresentativi della diversità fitocenotica ed ambientale dei canneti del Trasimeno, nei quali la vegetazione palustre avesse superficie sufficientemente ampia da consentire al suo interno l'individuazione di punti di campionamento distanti dalle aree maggiormente antropizzate. I siti risultano ubicati nelle seguenti località (tra parentesi la sigla utilizzata per ciascun sito): La Valle di S. Savino (OAS), Poggio di Braccio (BRA), Porto di Panicarola (POR), Rio Pescia (POM), Castiglione del Lago (IDR), Borghetto (BOR), Passignano (PAS) (fig. 1). Nei siti sono quindi stati individuati, con modalità casuale, 19 *plot* di superficie pari a 1 m^2 destinati a monitoraggio periodico, effettuato negli anni 2006, 2007, 2009 e tuttora in corso. Sulla base delle conoscenze esistenti è stata selezionata una rosa di *plant traits*, sintomatici del fenomeno di moria dei canneti come descritto in letteratura, sui quali è stata effettuata l'attività di monitoraggio. Tipologia di parametri e modalità di monitoraggio sono descritti nel seguito.

6.3.1. Analisi macromorfologica

I parametri utilizzati nelle indagini macromorfologiche comprendono: diametro e altezza dei culmi di cannuccia, numero di nodi, fenologia della fioritura e presenza di gemme apicali morte, monitorati a cadenza quindicinale nel periodo compreso tra inizio aprile e fine agosto; densità di culmi, anomalie di sviluppo dell'apparato radicale, presenza dell'*habitus* di accrescimento per cespi (*clumping*), monitorati annualmente alla fine di agosto. Dai dati precedenti sono stati calcolati i tassi di accrescimento del diametro, dell'altezza e del numero di nodi dei culmi.

I dati macromorfologici raccolti nel periodo 2006-2007 sono stati utilizzati per costruire una matrice (13 traits x 19 plots) a cui sono state applicate procedure di analisi multivariata (Gigante *et al.*, 2011a). La strategia seguita è stata la seguente: riduzione della dimensionalità dei dati tramite PCA ed individuazione delle componenti che maggiormente spiegano la varianza totale; utilizzo di *fuzzy clustering*, *fuzzy c-means* (Bezdek, 1981) sulle componenti principali selezionate; identificazione della partizione ottimale mediante applicazione dell'Indice di Dunn (1974); individuazione della partizione booleana dei *plots* indotta dall'analisi *fuzzy*; descrizione dei *clusters* della partizione ottimale sulla base dei centroidi delle variabili originali, attraverso la media pesata delle singole variabili, per i gradi di appartenenza delle stazioni al *cluster* maggiori di 0,39. Per l'analisi dei dati è stato utilizzato il pacchetto SYN-TAX 5,0 (Podani, 1993).

Fig. 1.
Ubicazione dei 7 siti di studio

6.3.2. Analisi floristico-vegetazionale

I parametri utilizzati nelle indagini floristico-vegetazionali comprendono: numero di specie presenti, ricoprimento delle specie, numero di entità indicatrici di disturbo, composizione sintassonomica del canneto. Attraverso l'esecuzione di rilievi fitosociologici è stata approfondita la qualità floristica e fitocenotica della comunità a dominanza di *Phragmites australis*. Lo studio, quindi, oltre alla popolazione di cannuccia, ha preso in considerazione anche le specie che la accompagnano, con particolare attenzione a quelle entità che, in assenza di disturbo, dovrebbero essere presenti in questi ambienti. Tali aspetti hanno contribuito a valutare i fenomeni correlati al declino della cannuccia e fornito informazioni sullo stato di conservazione complessivo dell'ecosistema palustre.

6.3.3. Aspetti isto-anatomici e presenza di endofiti fungini

I parametri utilizzati nelle indagini isto-anatomiche comprendono: presenza di *callus* e blocchi nell'aerenchima, lignificazione delle pareti cellulari e presenza di depositi di amido nei rizomi e nelle radici, vitalità del polline. La presenza di endofiti fungini è stata indagata attraverso analisi microscopiche di tes-

suti derivanti da foglie e radici di *Phragmites australis*, seguite da coltivazione ed identificazione molecolare.

6.3.4. Analisi spazio-temporale

Per ottenere informazioni quantitative ed investigare le modalità di trasformazione del canneto nelle aree particolarmente affette da declino, sono state prese in considerazione anche le immagini aerofotogrammetriche disponibili per l'ultimo cinquantennio (fotogrammi relativi agli anni 1954, 1977, 1992, 2000, 2005, 2007 forniti dall'Ufficio Cartografico della Regione Umbria). Dopo essere state georeferenziate, le immagini sono state sottoposte a classificazione *supervised* con l'ausilio del software GRASS e successivamente corrette tramite *heads-up digitizing*. Le elaborazioni geografiche sono state interpretate allo scopo di ottenere una rappresentazione cartografica del canneto in epoche diverse e di estrapolare informazioni quantitative sull'entità della regressione avvenuta. I dati ottenuti sono stati messi in relazione con le variazioni del livello del lago, influenzate sia da fattori climatici che antropici (Filipponi *et al.* 2010).

Tabella 1. Grado di appartenenza dei 19 *plot* monitorati per ciascuno dei 4 gruppi corrispondenti a distinti stati di declino (*cluster*); i valori più alti sono evidenziati in grassetto ed indicano la composizione dei gruppi

	Cluster 1	*Cluster 2*	*Cluster 3*	*Cluster 4*
P01	**0.8380**	0.0285	0.1090	0.0245
P02	**0.5729**	0.0949	0.2884	0.0438
P03	**0.8902**	0.0177	0.0760	0.0161
P04	0.3489	0.1321	0.4712	0.0477
P05	**0.5113**	0.0853	0.3581	0.0453
P06	**0.4526**	0.1034	0.2142	0.2298
P07	0.2694	0.2289	**0.3943**	0.1075
P08	0.1889	0.0583	**0.7343**	0.0185
P09	0.1823	**0.3429**	0.3082	0.1666
P10	0.0956	**0.4810**	0.3904	0.0330
P11	0.1126	0.2933	**0.5592**	0.0349
P12	0.0351	**0.8623**	0.0853	0.0172
P13	0.0640	**0.7516**	0.1541	0.0302
P14	0.0089	0.0060	0.0081	**0.9770**
P15	0.2063	0.2340	**0.4670**	0.0927
P16	0.1004	0.0584	**0.8301**	0.0111
P17	0.2445	**0.3288**	0.2962	0.1306
P18	0.0147	**0.9382**	0.0394	0.0077
P19	0.0394	**0.8332**	0.1077	0.0197

6.4. Risultati dello studio

L'analisi multivariata basata sul confronto dei parametri macromorfologici ha evidenziato che nelle 19 stazioni indagate il canneto si presenta in condizioni di conservazione diversificate, raggruppabili in quattro *cluster* principali, composti dai *plot* aventi un grado di appartenenza maggiore di 0,39 (tab. 1). Le differenze riscontrate a carico dei vari parametri nei diversi siti di campionamento sono risultate statisticamente significative nell'identificazione di queste tre tipologie (Gigante *et al.*, 2011a). Un gruppo di stazioni (*Cluster* 2) presenta buone condizioni di sviluppo, accrescimento rigoglioso, assenza di anomalie morfologiche. Si tratta delle aree di campionamento ubicate nei siti di Borghetto, Passignano, Rio Pescia, Porto di Panicarola che possono essere ritenute in uno stato ottimale. Un secondo gruppo di *plot* (*Cluster* 3) si riferisce a canneti in condizioni intermedie, con presenza di modeste anomalie nei parametri di accrescimento (soprattutto a carico dell'altezza dei culmi), assenza di *clumping* ma presenza di apici morti, talora anche piuttosto marcata. Questa situazione definibile come 'intermedia' è stata rilevata prevalentemente nei siti di Poggio di Braccio e Castiglion del Lago, oltre a tre casi isolati rinvenuti a Borghetto, Passignano e S. Savino. Infine, i restanti due gruppi di stazioni (*Cluster* 1 e 4) si presentano in uno stato di forte degrado caratterizzato da valori molto anomali per tutti i parametri considerati: culmi di dimensioni ridotte sia in altezza che in diametro, tassi di accrescimento significativamente inferiori, tassi di fioritura bassi, presenza massiccia di *clumping*, apici morti e anomalie nell'apparato radicale (Figure 2 e 3). Si tratta della quasi totalità delle stazioni ubicate nell'area La Valle di S. Savino. Dal confronto con i dati di letteratura si può affermate che il canneto ubicato in quest'area manifesta una marcata condizione di *die-back*.

Alla luce delle indagini effettuate, quindi, il fenomeno di moria della cannuccia risulta particolarmente accentuato lungo le sponde sud-orientali dello specchio d'acqua. A conferma di tale risultato, contribuisce l'osservazione di come questo settore del lago sia stato interessato negli ultimi decenni da intensi fenomeni di ritiro, frammentazione e scomparsa del canneto. Nella metà degli anni '50 l'area era occupata da un amplissima fascia di vegetazione palustre (Granetti 1965), evidente anche nelle foto aeree dell'epoca. La sovrapposizione di immagini ortofotogrammetriche relative ad epoche diverse, ha consentito di evidenziare e stimare la perdita di superficie subita dal canneto, come riportato nella fig. 4. Attualmente in questa zona la vegetazione palustre a *Phragmites australis* risulta drasticamente ridotta in estensione e fortemente frammentata (Filipponi *et al.* 2010).

Per quanto riguarda gli aspetti floristico-vegetazionali, dalle indagini effettuate è emerso come il fenomeno del *die-back* risulti associato ad un'estrema povertà floristica; i canneti in declino risultano quasi sempre monospecifici, ovvero composti da un'unica specie vascolare: la cannuccia. Va detto che i canneti sono fitocenosi generalmente povere di specie; raramente ospitano più di 15-20 entità floristiche ed al confronto con altre comunità vegetali (quali ad esempio le praterie aride secondarie, composte da molte decine di specie), possono essere ritenute comunità tipicamente paucispecifiche (Venanzoni e Gigante 2000). Tuttavia, in condizioni di naturalità essi rappresentano un habitat per varie entità floristiche di ambiente palustre, in alcuni casi anche di grade pregio naturalistico. A tale pro-

Fig. 2.

Die-back del canneto nell'area La Valle di S. Savino

Fig. 3.

Il fenomeno del *clumping* nell'area La Valle di S. Savino

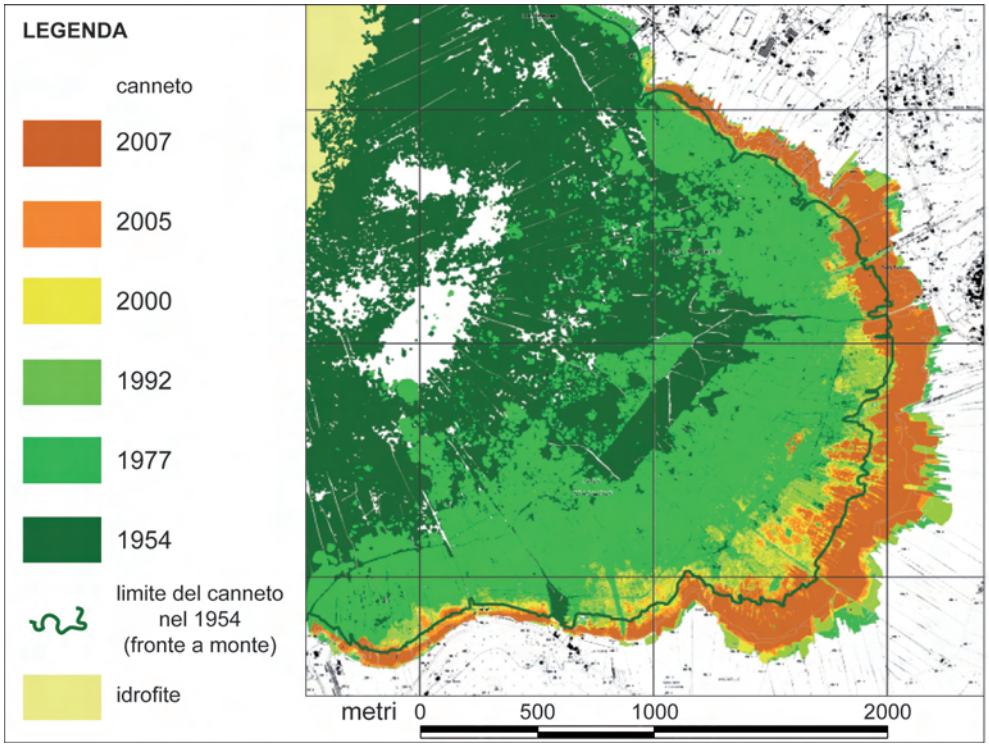


Fig. 4.

Carta diacronica del lago Trasimeno in località La Valle di S. Savino, riportante la sovrapposizione di mappe del canneto derivate da fotogrammi aerei di diverse epoche (da: Filipponi et al. 2010)

posito possono essere ricordate specie della Lista Rossa Regionale come *Caldesia parnassifolia* (Bassi ex L.) Parl., *Menyanthes trifoliata* L., *Epipactis palustris* (Mill.) Crantz, un tempo presenti al lago ed oggi scomparse assieme ad altre entità quali *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* (L.) Sm., *Trapa natans* L., le quali, pur non essendo tipiche del canneto, trovavano un tempo un habitat ideale nelle chiarie e nelle radure presenti al suo interno.

D'altro lato, le indagini effettuate evidenziano come la condizione di sviluppo ottimale per la cannuccia si accompagni spesso alla presenza di specie indicatrici di situazioni di forte disturbo, quali *Urtica dioica* L., *Artemisia vulgaris* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Picris hieracioides* L., *Erigeron bonariensis* L., legate ad ambienti asciutti e con una forte presenza di nutrienti, in particolare nitrati, nel suolo. Tali canneti asciutti o "pseudo-canneti", termine coniato da autori svizzeri (Greco e Patocchi 2003), sono estremamente insignificanti dal punto di vista della biodiversità perché sono ricchi di specie sinantropiche ed hanno ormai perso la componente floristica di pregio tipica degli ambienti umidi indisturbati.

Le indagini isto-anatomiche condotte suggeriscono l'esistenza di una correlazione tra la sindrome di *die-back* ed una scarsa capacità di accumulo di amido nelle radici e nei rizomi, fenomeno che innesca una spirale di declino poiché la scarsa disponibilità di riserve contribuisce ad aggravare lo stato di sofferenza degli individui di *Phragmites australis* da una stagione vegetativa all'altra (Reale *et*

al. 2009, 2010a, 2010b, 2011). È stata inoltre evidenziata la massiccia presenza di infezioni fungine nei tessuti fogliari e radicali di cannuccia, potenzialmente responsabili di alterazioni isto-anatomiche e danni a carico dei tessuti. Alcune entità individuate producono micotossine e metaboliti secondari, e possono esercitare effetti patogeni per le piante (Angelini *et al.* 2010, 2011).

6.5. Discussione e possibili interpretazioni del fenomeno

I risultati ottenuti delineano uno scenario complesso per il canneto del lago Trasimeno; analogamente a quanto riportato in altri studi, si evidenzia una concomitanza di sintomi dei quali è difficile stabilire la causa. È plausibile che uno stato di sofferenza inizialmente indotto da cause ambientali possa poi essere stato ulteriormente aggravato dalla compresenza di altri fenomeni, quali la presenza di patogeni, parassiti o danni meccanici. L'analisi di alcuni parametri ambientali ha evidenziato come le stazioni più idonee ad un rigoglioso sviluppo di *Phragmites australis* siano quelle interessate da alternanza di sommersione ed emersione (almeno nel periodo estivo) o addirittura quelle solo eccezionalmente sommerse, più disturbate, con suoli ricchi di nutrienti e abbondanza di specie nitrofile e sinantropiche. Al contrario, le stazioni di canneto maggiormente colpite dal fenomeno di moria (sito La Valle) sono quelle caratterizzate da sommersione permanente ed accumulo di sostanza organica e lettiera derivante dalla stessa cannuccia.

L'osservazione dell'andamento dei livelli medi del lago nel corso dell'ultimo secolo (Gambini 1995) evidenzia una interessante correlazione con la perdita progressiva di superficie del canneto nell'area della Valle. Il periodo di ritiro più massiccio del canneto avviene in un lasso di tempo compreso tra il 1954 e il 1977 (fig. 4). Come è ben noto, pochi anni dopo il 1954, alla fine degli anni '50, le acque del lago hanno subito un forte aumento di livello in tempi relativamente brevi, a causa dell'ampliamento del bacino imbrifero (Gambini 1995). L'apporto di nuove acque ha provocato una più estesa sommersione in quei tratti di sponda caratterizzati da pendenza lieve, tra i quali proprio l'area a valle di S. Savino, all'epoca colonizzata da una notevole estensione di canneto che si protendeva per molte centinaia di metri verso l'Isola Polvese (Granetti 1965). L'aumento di livello del lago ha avuto diversi riscontri positivi ma evidentemente, pur sembrando paradossale, può aver provocato una sorta di annegamento del canneto. È in effetti noto che le oscillazioni del livello dell'acqua possono influenzare, oltre che la mineralizzazione dei suoli e quindi la disponibilità di minerali, anche il sistema di aerazione nelle radici e nei rizomi delle piante che vivono in ecosistemi acquatici.

Questa interpretazione trova molti riscontri nella letteratura scientifica che si è occupata della tematica *die-back*. In numerosi studi, infatti, viene più volte sottolineato come il fenomeno si sviluppi spesso in stazioni di canneto sommerse, in particolare quando gli equilibri idrologici sono stati alterati o stabilizzati artificialmente. In alcuni casi l'alterazione del livello dei laghi è stata indicata proprio come una delle possibili cause del declino. L'arretramento dei canneti dal fronte acquatico e la loro scomparsa potrebbero essere una diretta conseguenza della difficoltà per la cannuccia di accumulare riserve di carboidrati in condizioni di sommersione permanente. La sommersione prolungata, inoltre, può avere un effetto negativo sullo sviluppo dei germogli e delle plantule.

Accanto alla sommersione permanente viene indicata come possibile causa della moria dei canneti anche l'accumulo eccessivo di lettiera, soprattutto se autogenerata dalla cannuccia stessa. A questo va aggiunto che la cannuccia subisce l'effetto auto-tossico dei propri residui vegetali: quando si accumula troppa sostanza organica proveniente da se stessa, ne risulta danneggiata; si tratterebbe infatti di una specie autoallelopatica e l'effetto sarebbe aggravato dalle condizioni di sommersione prolungata (Patrick *et al.* 1964, Gopal & Goel 1993). Questo spiegherebbe la correlazione, più volte riscontrata in letteratura ed evidente anche al lago Trasimeno, tra presenza di lettiera autogenerata e declino del canneto. La rizosfera non ossigenata, inoltre, può portare alla produzione di fitotossine.

Il canneto è un sistema filtrante di grande efficienza e la sua risposta ai cambiamenti ambientali può essere tardiva: esso agisce come un vero e proprio *buffer* (Ostendorp 1989). Questo spiegherebbe perché il ritiro del canneto nell'area La Valle di S. Savino non sia avvenuto in modo drastico negli anni immediatamente successivi all'ampliamento del bacino, ma attraverso un graduale ed inesorabile arretramento: il fronte acquatico del canneto ha subito una frammentazione progressiva seguita di anno in anno dalla scomparsa delle stazioni maggiormente colpite dalla sommersione, come ipotizzato da Filipponi *et al.* (2010). Il conseguente accumulo dei residui ha ulteriormente inibito lo sviluppo di nuovo canneto.

6.6. Conclusioni

Il canneto del lago Trasimeno è una componente fondamentale dell'ecosistema lacustre da vari punti di vista. Si tratta di un importante serbatoio di biodiversità sia dal punto di vista botanico che faunistico, che garantisce la sopravvivenza di numerose specie e comunità vegetali e animali. Pur trattandosi di un habitat non incluso nell'Allegato I alla Direttiva 92/43/CEE, esso svolge diverse funzioni di grande rilievo per l'intero ecosistema palustre; in particolare, non vanno dimenticati i preziosi servizi ecosistemici quali l'effetto di fitodepurazione e il ruolo di *carbon-sink*. Il canneto è inoltre un elemento fondante del paesaggio lacustre e senz'altro il più visibile e caratterizzante, dopo l'acqua, per la quale costituisce una sorta di cornice.

Il complesso delle indagini portate avanti fornisce utili spunti per l'interpretazione del fenomeno di generale degrado che affligge la fascia spondale del lago Trasimeno, come è stato rilevato anche da altri autori (Bresciani *et al.* 2009a, 2009b). In un'ottica di tutela degli ecosistemi, l'approccio eco-idrologico e l'analisi degli effetti sul lungo periodo sono fondamentali: nel caso in esame, una trasformazione profonda del bilancio idrico può aver indotto delle conseguenze sul canneto anche a distanza di decadi, proprio perché si tratta di un ecosistema tampone, che può produrre delle risposte differite nel tempo poiché nel breve periodo ammortizza gli impatti subiti. Questo può voler dire che quando i sintomi divengono manifesti, i processi sono ormai irreversibili.

La presente trattazione rappresenta una sintesi originale di dati pubblicati dai medesimi autori in vari contributi scientifici, ai quali si rimanda per una dettagliata analisi delle procedure metodologiche seguite e dei risultati ottenuti. Lo studio di base, comprendente l'analisi dei parametri macromorfologici, è riportato in forma preliminare in Gigante *et al.* (2008a, 2008b, 2008c, 2009a, 2009b, 2010); i risultati completi dell'indagine vengono analizzati in Gigante *et al.* (2011a), gli

aspetti floristico-vegetazionali sono in corso di stampa (Landucci *et al.* 2010, Gigante *et al.*, 2011b). Gli aspetti istoanatomici, micologici e cartografici sono stati presentati alla comunità scientifica (Angelini *et al.* 2010, Filipponi *et al.* 2010, Reale *et al.* 2009, 2010a, 2010b, 2011) e sono attualmente in stampa (Angelini *et al.* 2011) o oggetto di lavori in preparazione.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare la Dr.ssa Roberta Burzigotti, il Dr. Francesco Velatta ed il Servizio Protezione Ambientale e Parchi della Provincia di Perugia (non più attivo) per il supporto economico alla fase iniziale dello studio; gli operatori dell'Oasi "La Valle" Dr. Mario Muzzatti e Dr.ssa Maddalena Chiappini per la disponibilità nell'accesso ai luoghi e nell'uso delle attrezzature; il Dr. Michelangelo Ficola, il Dr. Alessio Pedini ed il Dr. Francesco Segantini per il contributo nella raccolta dei dati.

Bibliografia

Angelini P., Rubini A., Gigante D., Reale L., Pagiotti R., Ferranti F., Venanzoni R. (2011 - in revisione) - *Endophytic fungal communities associated with the leaves and roots of the common reed* (Phragmites australis) *in Lake Trasimeno (Perugia, Italy).* FEMS Microbiology Ecology.

Angelini P., Rubini A., Gigante D., Reale L., Pagiotti R., Ferranti F., Venanzoni R. (2010) - *Biodiversità degli endofiti fungini associati alla* Pragmites australis *del Lago Trasimeno (Perugia, Italy).* 105° Congresso S.B.I., Milano, 25-28/08/2010. Riassunti: 159.

Bezdek J.C. (1981) - *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Plenum Press, New York.

Bresciani M., Giardino C., Musanti M. (2009a) - *Il telerilevamento per lo studio dei canneti del Trasimeno*. Micron, 11: 37-41.

Bresciani M., Stroppiana D., Fila G., Montagna M., Giardino C. (2009b) - *Monitoring reed vegetation in environmentally sensitive areas in Italy*. Rivista Italiana di Telerilevamento, 41:(2): 125-137.

Brix H. (1999) - *The European research programme on reed die–back and progression (EUREED)*. Limnologica, 29: 5-10.

Den Hartog C., Kvet J., Sukopp H. (1989) - *Reed. A common species in decline*. Aquat. Bot., 35(1): 1-4.

Dunn J.C. (1974) - *Well Separated Clusters and Optimal Fuzzy Partitions*. J. Cybernetics, 4: 95–104.

Filipponi F., Gigante D., Venanzoni R. (2010) - *Analisi diacronica della frammentazione di un habitat palustre al Lago Trasimeno (Italia centrale).* In: Assini S. *et al.* (Eds.), 46° Congresso S.I.S.V., Ð*Countdown 2010 Save Biodiversity - Il contributo della scienza della vegetazione*", Pavia, 17-19/02/2010, Abstract Book: 77-78.

Fogli S., Marchesini R., Gerdol R. (2002) - *Reed (Phragmites australis) decline in a brackish wetland in Italy*. Marine Env. Research, 53: 465–479.

Gambini E. (1995) - *Le oscillazioni di livello del lago Trasimeno*. Quaderni del Museo della Pesca del Lago Trasimeno, N° 2, Grafiche Piemme, Perugia, 139 pp.

Gigante D., Ferranti F., Reale L., Venanzoni R., Zuccarello V. (2010) - *Nuovi dati sul declino della popolazione di Phragmites australis al Lago Trasimeno*. In: Bottarin R. *et al.* (Eds.), Macrofite & Ambiente. Atti del XIX Congresso S.It.E. "*Dalle vette alpine alle profondità marine*", Vol. 3: 23-41. ESPERIA, Lavis (TN).

Gigante D., Ferranti F., Reale L., Venanzoni R., Zuccarello V. (2009a) - *Nuovi dati sul declino della popolazione di Phragmites australis al Lago Trasimeno*. In: Bottarin R. *et al.* (Eds.), XIX Congresso S.It.E. "*Dalle vette alpine alle profondità marine*", Bolzano, 15-18/09/2009. Programmi e riassunti: 104.

Gigante D., Landucci F., Truffini A., Venanzoni R. (2011b - in stampa) - *Phytosociologic and ecologic features of a dying-back reed bed at the Lake Trasimeno (central Italy).* Arch. Geobot.

Gigante D., Reale R., Venanzoni R. (2008a) - *Risultati preliminari dello studio della popolazione di* Phragmites australis *(Cav.) Trin ex Steud al Lago Trasimeno (Italia centrale).* 103° Congresso S.B.I. Riassunti. Reggio Calabria, 17-19/09/2008.

Gigante D., Venanzoni R. (2008b) - *Population and vegetation analisys in the reed bed at Trasimeno Lake (Perugia, central Italy).* 44° Convegno SISV "*La scienza della vegetazione per l'analisi e la gestione ambientale*", Ravenna, 27-29/02/2008. Riassunti: 26-27.

Gigante D., Venanzoni R. (2010) - *Il declino della popolazione di* Phragmites australis. Convegno "*Conoscenze, valutazioni, proposte, per il futuro del Trasimeno*", Castiglion del Lago (PG) 1-2/12/2010. A.R.P.A. Umbria. Abstracts: 11-12.

Gigante D., Venanzoni R., Zuccarello V. (2008c) - *Detection of reed-bed decline and die-back at the Trasimeno Lake (central Italy).* In: Mucina L. *et al.* (Eds.), Frontiers of Vegetation Science - An Evolutionary Angle: pp. 62-63. K. Phbilips Images, Somerset West, SA.

Gigante D., Venanzoni R., Zuccarello V. (2009b) - *Studio del gradiente di declino del canneto al Lago Trasimeno (PG) mediante utilizzo di parametri macro-morfologici*. 104° Congresso S.B.I., Campobasso, 16/19 settembre 2009. Riassunti.

Gigante D., Venanzoni R., Zuccarello V. (2011a) - *Reed die-back in southern Europe? A case study from Central Italy*. Comptes Rendus Biologies, 334: 327-336. Elsevier.

Gopal, B., Goel U. (1993) - *Competition and allelopathy in aquatic plant communities*. Botanical Review, 59: 155-210.

Granetti B. (1965) - *La flora e la vegetazione del lago Trasimeno. Parte I: La vegetazione litoranea*. Riv. Idrobiol., 4(3): 115-153. Perugia.

Greco G., Patocchi N. (2003) - *Parametri topologici, pedologici e floristici caratterizzanti la formazione di pseudocanneti in ambienti palustri aperti alle Bolle di Magadino (Svizzera meridionale)*. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol., 80: 253-255.

Landucci F., Gigante D., Fe' G., Truffini A., Venanzoni R. (2010) - *Gli habitat del Lago Trasimeno: parametri fitocenotici e ambientali per un monitoraggio dello stato di conservazione*. In: Assini S. *et al*. (Eds.), 46° Congresso S.I.S.V., "*Countdown 2010 Save Biodiversity – Il contributo della scienza della vegetazione*", Pavia, 17-19/02/2010, Abstract Book: 52.

Ostendorp W. (1989) - *'Die-back' of reeds in Europe – a critical review of literature*. Aquat. Bot., 35(1): 5-26.

Patrick Z., Toussoun T., Koch L. (1964) - *Effect of crop residue decomposition products on plant roots*. Ann. Rev. Phytopath., 2: 267-292.

Podani J. (1993) - *SYN–TAX version 5.0 Computer Programs for Multivariate Data Analysis in Ecology and Systematics*. Scientia Publishing, Budapest, 104 pp.

Reale L., Ederli L., Gigante D., Pasqualini S., Venanzoni R., Ferranti F. (2010a) - *La risposta a metalli pesanti e inquinanti antropici in* Phragmites australis. 56° Convegno G.E.I., Perugia, 7 - 10 Giugno 2010. Riassunti.

Reale L., Gigante D., Ferranti F. (2009) - *Studio degli effetti dell'antropizzazione nel canneto del lago Trasimeno*. 104° Congresso S.B.I., Campobasso, 16-19/09/2009. Riassunti.

Reale L., Gigante D., Landucci F., Venanzoni R., Ferranti F. (2011) - *Correlation between sexual reproduction in Phragmites australis and die-back syndrome.* The international Journal of Plant Reproductive Biology, 3(2), July: 133-140. ISSN: 0975-4296.

Reale L., Gigante D., Venanzoni R., Ferranti F. (2010b) - *Il turnover delle riserve e le alterazioni citoistologiche come indicatori degli effetti dell'antropizzazione nel canneto del Lago Trasimeno*. 105° Congresso S.B.I., Milano, 25-28/08/2010. Abstracts: 102.

Van der Putten W.H. (1997) - *Die-back of* Phragmites australis *in European wetlands: an overview of the European Research Programme on reed die-back and progression (1993-1994)*. Aquat. Bot., 59: 263-275.

Venanzoni R., Gigante D. (2000) - *Contributo alla conoscenza della vegetazione degli ambienti umidi dell'Umbria (Italia)*. Fitosociologia, 37(2): 13-63.

Terza parte
Sedimenti

Sintesi

Nel contesto del Progetto CARG - Cartografia geologica e geotematica, su iniziativa della Regione Umbria è stato realizzato uno studio geologico/geofisico nell'area del lago Trasimeno.

I dati raccolti vanno dalla batimetria con ecoscandagli a fascio singolo/multifascio, al rilievo sismico e magnetometrico singolo e multicanale, al campionamento dei sedimenti, al fine di ricostruire la storia geologica del lago e le sue possibili relazioni con gli assetti geotettonici regionali.

I risultati suggeriscono una storia complessa di cambiamento dei livelli idrici del lago che si sovrappongono ad un andamento regionale di subsidenza continua guidata da faglie dirette.

Questo regime tettonico estensivo, registrato fino ai più recenti deposti sedimentari lacustri, non mostra particolari cambiamenti nella vita del lago, e sembra essere motivo della sua conservazione a lungo termine.

Si stima uno spessore di sedimenti lacustri fino ad un massimo di 80 metri, con la velocità di sedimentazione degli ultimi decenni che è di circa 0,3-0,6 cm/anno.

Per lo studio dei sedimenti superficiali sono stati prelevati ed analizzati 23 campioni dal fondo del lago, con una selezione dei punti di campionamento

Summary

A geological and geophysical study was initiated by the Regione Umbria and conducted on the Lake Trasimeno area for the Project "Geological Maps of Italy" (CARG).

Data were collected using various techniques, from multibeam bathymetry, to single and multichannel seismic and magnetometric reflection, to sediment sampling, in order to reconstruct the geological history of the lake and investigate how it can be related to the regional geotectonic features.

The results suggest a complex history of water level changes intertwined with a regional trend of continual subsidence driven by normal faults.

This extensional tectonic regime, recorded up to the most recent sedimentary deposits of the lake, shows no important changes during the lakès lifetime, and seems responsible for its long-term preservation.

A layer of lake sediments up to 80 m thick is estimated, with a sedimentation speed for the last few decades of approximately 0.3-0.6 cm/year .

To study the uppermost sediments, 23 samples were taken from the lake bottom and analysed, the sampling locations being selected on the basis of anthropic pressure and environmental features.

in base alle pressioni antropiche ed alle caratteristiche ambientali.

Le concentrazioni dei metalli mostrano massimi relativi essenzialmente localizzati nell'area compresa tra Tuoro, Passignano e Isola Maggiore e in quella prospiciente lo sbocco del Fosso Paganico. Tali concentrazioni dipendono dalla distribuzione granulometrica dei sedimenti (più fini verso il centro del lago) e da apporti esterni, riconducibili sia a fattori naturali che antropici. La valutazione della qualità del sedimento superficiale è stata effettuata richiamando vari standards di riferimento, sia nazionali che internazionali. Dal confronto con gli standards riguardanti sedimenti in ambienti acquatici continentali si evidenziano "criticità" per Nichel, Cromo e, in maniera minore, per l'Arsenico. Se si considerano gli standards legati all'esposizione umana in "ambito subaereo", dovuta alla rimozione del sedimento ed alla sua "riutilizzazione" (Concentrazioni Soglia di Contaminazione - CSC - D.Lgs. 152/06), tutti i parametri (inorganici e organici) risultano al di sotto delle CSC, con la sola eccezione del Selenio.

Metalli e nutrienti, hanno concentrazioni generalmente inferiori a quelle di un campione di laghi europei, ad eccezione del Carbonio totale, per il quale i valori risultano molto più elevati. Ciò è da imputare al modesto volume di acqua invasata rispetto alla superficie occupata ed all'intensa attività biologica, tipica di un lago poco profondo.

The metals were seen to have higher concentrations in the area between Tuoro, Passignano and Isola Maggiore and that overlooking the Fosso Paganico stream mouth. These higher concentrations are due to the granulometric distribution of the sediments (the finer sediments are located towards the centre of the lake) and to external input of both natural and anthropogenic origin.

A qualitative evaluation of the uppermost sediments was carried out according to various national and international guidelines. According to the regulatory guidelines for sediments in freshwater environments, the Trasimeno concentrations are at critical level only for nickel, chromium and, to a lesser extent, arsenic.

If one considers the limits for human subaerial exposure due to removal and "re-use" of sediments (Contamination Threshold Concentrations National Directive 152/06), none of the parameters measured (neither inorganic nor organic) exceed the threshold, with the exception of selenium.

The concentrations of metals and nutrients are generally lower than those of a sample of European lakes, with the exception of total carbon, which has much higher concentrations. This can be attributed to the fact that the lake has a low of quantity of water with respect to its area, and the intense biological activity, typical of shallow lakes, which it harbours.

7. Il rilievo geofisico-geologico del lago Trasimeno

Luca Gasperini
Luca G. Bellucci
Fabrizio Del Bianco

7.1 Introduzione

Nell'ambito della compilazione del Foglio Geologico n.310, Passignano sul Trasimeno, Progetto nazionale CARG attivato a scala regionale dalla Regione Umbria, è stato realizzato uno studio geologico-geofisico del lago Trasimeno, utilizzando tecniche sperimentali di geologia marina. L'acquisizione di dati geofisici in un ambiente caratterizzato da profondità d'acqua estremamente basse ha costituito la difficoltà principale, affrontata con soluzioni *ad hoc* .

7.2 Il lago Trasimeno

Il lago Trasimeno é il più ampio specchio lacustre dell'Italia peninsulare, con una superficie di oltre 120 km^2, ed é situato interamente in territorio umbro. Il suo bacino confina con quello del Fiume Tevere, collegato al Trasimeno attraverso l'emissario artificiale e i corsi d'acqua Caina e Nestore. Dal punto di vista tettonico il Trasimeno si trova all'interno della catena appenninica settentrionale, caratterizzata nel corso della sua evoluzione da una migrazione verso est dei *pattern* di deformazione, marcati dalla presenza di bacini di avanfossa progressivamente più giovani verso l'esterno. Come risultato di questa evoluzione tettonica, l'Appennino settentrionale può essere diviso in due domini strutturali distinti in base a caratteristiche geologiche e geofisiche differenti: un dominio occidentale, dove la deformazione estensionale ha dislocato la fascia compressiva pre-esistente, ed un dominio orientale, dove le strutture compressive si sono preservate intatte: il lago Trasimeno viene a collocarsi all'interno del dominio strutturale orientale, interessato attualmente da deformazioni estensionali.

Vari modelli di evoluzione strutturale sono stati proposti per il lago Trasimeno, ritenuto anticamente di origine alluvionale; i lavori scientifici più recenti, però, mostrano un certo accordo nel proporre per la fossa del Trasimeno un origine causata da processi tettonici, a partire dal tardo Pliocene (Ambrosetti *et al.*, 1989; Cattuto e Gregori, 1993; Cattuto *et al.*, 1995). Infatti, dopo che il sollevamento generale del substrato al fronte della catena ha causato l'emer-

sione del territorio ed il ritiro del mare verso ovest (processo completato definitivamente nel Pleistocene inferiore), le fosse tettoniche al retro della catena hanno richiamato il deflusso idrico superficiale in aree più o meno circoscritte dove si sono formati ambienti palustri, la cui evoluzione ha occupato un lungo intervallo temporale.

Possiamo quindi immaginare che tutto il territorio circostante il lago Trasimeno si sia venuto a trovare in questa situazione paleogeografica dal Pliocene (o più frequentemente dal Pleistocene inferiore) fino ai giorni nostri: il lago costituirebbe quindi l'ultimo lembo di questi ambienti palustri preservato al colmamento.

7.3 Metodi

Il rilievo geofisico del lago Trasimeno é stato realizzato in due fasi successive, la Campagna TRASI-04 e la Campagna TRASI-05 (Bortoluzzi *et al.*, 2005), nel dicembre 2004 e nel giugno 2005, rispettivamente. Nel corso delle due campagne realizzate da ISMAR-Bologna nell'ambito di una convenzione con il Servizio Geologico della Regione Umbria, sono stati acquisiti dati di:

a. batimetria e morfologia del fondale per mezzo di ecoscandagli a fascio singolo e multifascio;
b. sismica a riflessione superficiale, utilizzando un sistema Chirp-Sonar che ha permesso di ottenere immagini acustiche dei primi 30-40 m del sottofondo lacustre con risoluzione decimetrica;
c. sismica a riflessione profonda, con una sorgente di tipo *water-gun* e un cavo di ricezione multicanale.

I dati geofisici sono stati integrati dal campionamento di sedimenti del fondo lago, ottenuti utilizzando una benna e un carotiere acqua-sedimento. Una carota SW (fig. 1), della lunghezza di 53 cm, é stata analizzata per determinare il tasso di sedimentazione a scala secolare.

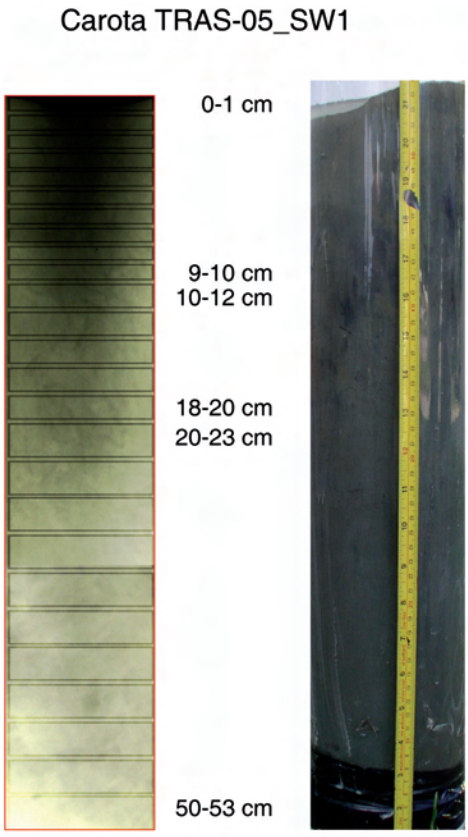


Fig. 1

A sinistra: radiografia della carota TRAS05_SW1 con indicato lo schema di subcampionamento; a destra: fotografia della stessa carota ancora nel liner di plexiglas trasparente dopo il prelievo

Lungo la carota sono state misurate le attività del ^{210}Pb e del ^{137}Cs che sono dei traccianti radioattivi con tempo di dimezzamento rispettivamente di 22 e 30 anni. L'attività del ^{210}Pb è stata determinata in maniera indiretta, misurando le emissioni alfa del ^{210}Po, che è in equilibrio secolare con il ^{210}Pb, mentre l'attività del ^{137}Cs è stata determinata via

gamma, utilizzando rivelatori coassiali al germanio intrinseco.

Per il calcolo delle velocità di sedimentazione con il ^{210}Pb, è stato utilizzato il modello CF-CS (Constant Flux-Constant Sedimentation), che prevede un flusso di radionuclide alla superficie del sedimento ed una sedimentazione costanti nel tempo (Appleby & Oldfield, 1992). Il profilo di ^{137}Cs, è stato utilizzato per verificare i tassi ottenuti ^{210}Pb, prendendo come riferimenti il picco di attività dovuto al *fallout* dell'incidente di Chernobyl del 1986 e la prima comparsa di questo radionuclide artificiale, risalente al 1954.

7.4 Risultati

La nuova carta batimetrica del lago Trasimeno (fig. 2) mostra come dal punto di vista morfologico il lago abbia l'aspetto di una conca piatta, con una lievissima pendenza verso la zona centrale dove si osservano profondità massime di circa 6 m rispetto allo zero idrometrico. La caratteristica più interessante é la presenza di due depocentri, uno approssimativamente baricentrico rispetto alle coste, il secondo localizzato nel settore nord-occidentale del lago. I gradienti topografici sono molto bassi e costanti quasi ovunque, eccetto che nei pressi della costa e delle isole dove si osserva

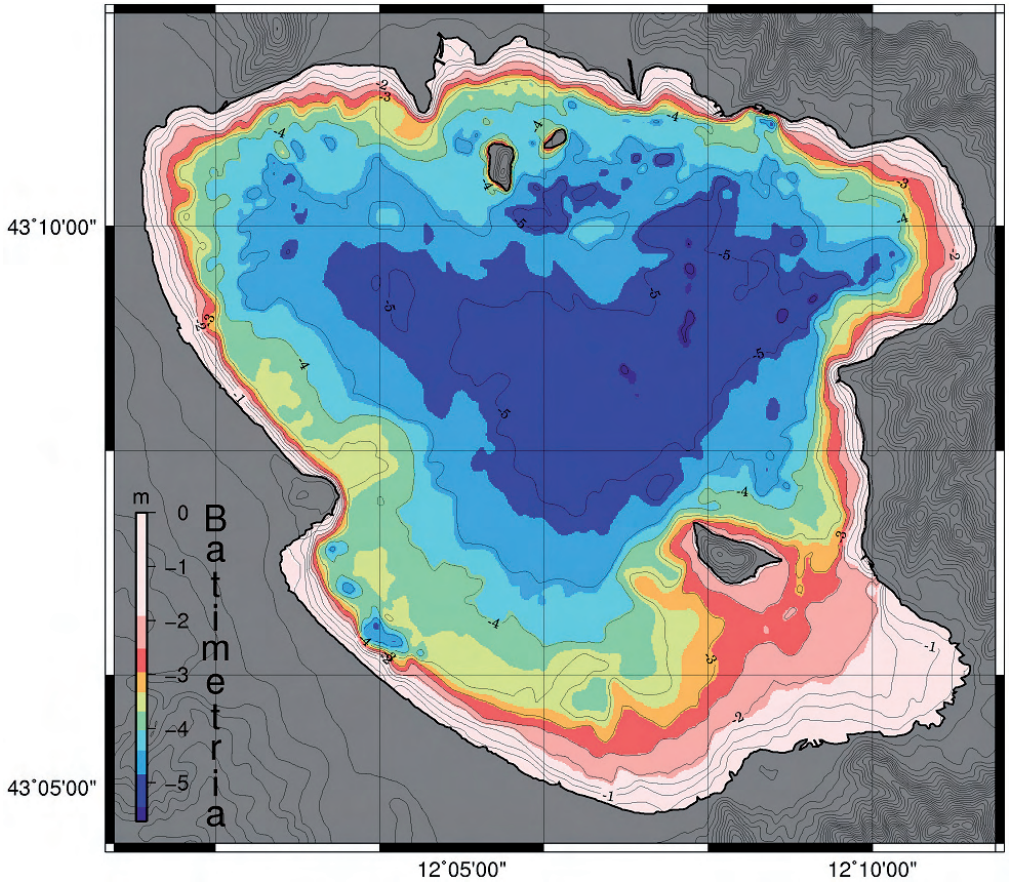


Fig. 2

Mappa morfobatimetrica del lago Trasimeno ottenuta dai dati delle campagne TRASI-04 e TRASI-05

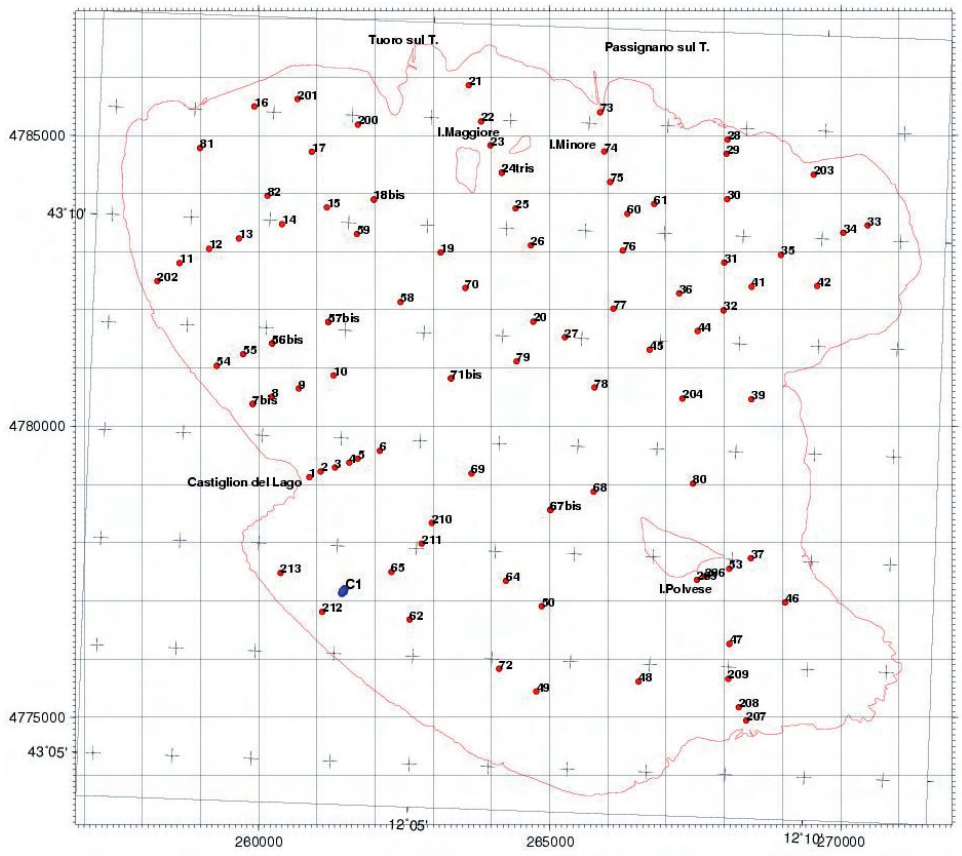


Fig. 3.
Carta dei campioni superficiali di sedimento prelevati durante la Campagna TRASI-05

un addensamento molto rapido delle isobate. L'analisi della riflettività superficiale, validata dalla raccolta di campioni dei sedimenti del fondo (fig. 3), ha permesso di dare indicazioni sulla distribuzione areale dei sedimenti

Il fondale del lago é caratterizzato da una grande omogeneità litologica, dominata dalla presenza di sedimenti a granulometria fine (silt e argilla). I sedimenti più riflettivi, che raggiungono la granulometria massima delle sabbie, sono concentrati lungo le coste.

Lo studio integrato tra i dati superficiali e i dati geofisici profondi ha messo in evidenza come il lago sia interessato da subsidenza progressivamente maggiore da est a ovest: la progressiva "rotazione" verso est del substrato crea lo spazio per l'accumulo di uno spesso cuneo di sedimenti le cui geometrie interne sono controllate dalle variazioni di livello del lago (fig. 4). La presenza di una marcata discontinuità erosiva e di un corpo progradazionale sepolto sotto sedimenti più trasparenti é probabilmente da mettere in relazione ad uno o più episodi di variazione del livello del lago, e in particolare ad una fase abbastanza prolungata e persistente di stazionamento basso.

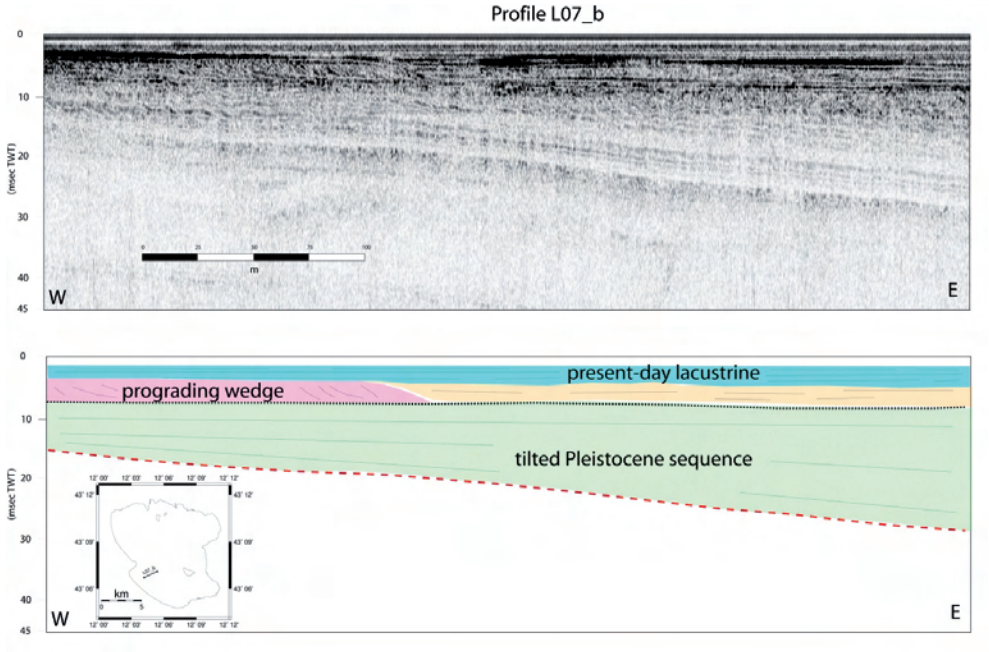


Fig. 4.

Profilo sismico a riflessione ad alta risoluzione acquisito in prossimità della costa occidentale del lago. Si notino la successione sedimentaria Pleistocenica ruotata verso est e la presenza di un corpo progradazionale al di sopra di una superficie erosiva che marca un episodio recente di stazionamento basso del livello del lago

L'acquisizione di profili sismici multicanale "profondi" (fino a 600 metri di profondità) ha permesso di studiare l'intera successione sedimentaria al di sotto del fondale lacustre. É stata riconosciuta una principale discontinuità che separa due unità a facies sismica molto differente al di sopra del basamento acustico completamente "sordo": 1) un'unità inferiore, che mostra la presenza di riflettori marcati, di grande ampiezza e continuità laterale, tipici di depositi marini o transizionali; 2) un'unità superiore, che marca l'instaurarsi di condizioni lacustri e la presenza di sedimenti omogenei acusticamente trasparenti, che raggiungono lo spessore massimo di 250 metri in vicinanza della costa orientale del lago. Entrambe le unità appaiono progressivamente ruotate verso est e registrano una subsidenza regionale guidata da un sistema di faglie normali ad alto angolo.

Le correlazioni con i dati stratigrafici raccolti a terra (Barchi e Marroni, 2007; Gasperini *et al.*, 2010) indicano che, a partire dal Pliocene inferiore, ma per tutto il Pleistocene e il Quaternario, il bacino del Trasimeno é stato interessato da una tettonica estensionale che ha contribuito a preservare il lago dal colmamento depositando una successione quasi continua di depositi lacustri omogenei.

Per quanto riguarda la geologia dei depositi recenti, l'analisi dei traccianti

radioattivi a vita breve ha permesso di calcolare tassi di sedimentazione di circa 0,3 cm/anno, compatibili con lo spessore dei depositi lacustri recenti individuato dai rilievi geofisici.

7.5 Conclusioni

L'analisi dei dati raccolti ha consentito di fornire informazioni utili alla compilazione del Foglio 310 che permettono di ricostruire la storia del bacino sedimentario del lago Trasimeno a partire dal Pliocene inferiore. D'altra parte, la raccolta di questi dati ha permesso di stimolare altre linee di ricerca, che vanno dall'analisi ambientale all'archeologia, e fanno ritenere che il lago Trasimeno, come potenzialmente molti altri bacini continentali, siano ambienti molto promettenti per studi di questo tipo, sia per la qualità dei dati geofisici che si riescono ad ottenere, che per la presenza di successioni sedimentarie relativamente continua che possono preservare record geologici espansi e dettagliati.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i partecipanti all'acquisizione e all'analisi dei dati. Il "Progetto Trasimeno" é frutto principalmente dell'impegno di Arnaldo Boscherini e Andrea Motti, del Servizio Geologico della Regione Umbria, che non solo ne hanno deciso l'esecuzione e la pianificazione, ma hanno contribuito a realizzarlo con idee e lavoro sul campo.

Bibliografia

Ambrosetti P., C. Cattuto & L. Gregori (1989) *Lineamenti geomorfologici dell'area a sud del L. Trasimeno: bacino di Tavernelle/Pietrafitta*. Il Quaternario, 2 (1), 57-64.

Appleby PG., & F. Oldfield (1992) *Application of lead-210 to sedimentation studies.* In: Ivanovich M, Harman RS (eds) Uranium-series disequilibrium: Application to earth, marine and environmental sciences. Clarendon Press, Oxford, UK, pp 731–738

Barchi, M.R. & Marroni M. (2007) *Note illustrative del Foglio 310 – Passignano sul Trasimeno*. Progetto CARG (CARtografia Geologica), ISPRA.

Bortoluzzi et al. (2005) *Ricerche Geofisiche nel Lago Trasimeno*, ISMAR-CNR Bologna, Rapporto Tecnico N.97, Novembre 2005, Bologna

Cattuto C. & L. Gregori (1993) *Origine ed evoluzione del Lago Trasimeno*. Conferenza Auditorium Urbani. 15 Marzo (Assessorato della cultura - Passignano S.T. Università degli Studi di Perugia).

Gasperini L., M.R. Barchi, L.G. Bellucci, G. Bortoluzzi, M. Ligi, C. Pauselli (2010) *Tectonostratigraphy of Lake Trasimeno (Italy) and the geological evolution of the Northern Apeninnes*. Tectonophysics. 492, 164-174.

8. La distribuzione di metalli, nutrienti e microinquinanti nei sedimenti recenti del lago Trasimeno

Nicola Morgantini
Luca Peruzzi

8.1 Premessa

Arpa Umbria, in collaborazione con il Servizio Geologico della Regione Umbria, ha dato avvio al progetto "Messa a punto dello stato delle conoscenze ambientali di riferimento dell'area del lago Trasimeno e definizione di un modello concettuale per un piano di gestione", volto a sviluppare un approfondito quadro di insieme delle conoscenze sul lago umbro elaborate nell'ambito di progetti, studi e ricerche messi a punto negli anni dai diversi soggetti pubblici e privati. Obiettivo del progetto, approvato nel 2006 dall'Osservatorio Ambientale Trasimeno e finanziato dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, è quindi quello di elaborare un efficace ed esaustivo strumento di analisi in grado di supportare le istituzioni nella programmazione degli interventi e nella gestione delle problematiche ambientali legate al bacino del Trasimeno.

La parte di progetto in carico ad Arpa Umbria si articola in 10 *tasks* esecutive. Tra esse, la *task 7* riunisce le attività collegate all'analisi ambientale attraverso i campioni di sedimento, consistente nelle seguenti verifiche:

- "qualità" del sedimento superficiale (entro 5-7cm) dall'interfaccia acqua-sedimento;
- condizioni di ossidazione e del pH nella matrice sedimento entro un metro di profondità per la previsione della "mobilità" dei metalli associata;
- utilizzo paleolimnologico, in rapporto al tasso di sedimentazione, delle concentrazioni di metalli, nutrienti e microinquinanti nelle carote di sedimento, per l'analisi delle variazioni del sistema lacustre.

L'attività di campionamento dei sedimenti è stata svolta in collaborazione fra Arpa Umbria e ISMAR-CNR di Bologna nei giorni 29 e 30 settembre 2008. Sono stati raccolti campioni di sedimento superficiale e profondo, nonché campioni della colonna d'acqua. Il presente contributo illustra i risultati dello studio effettuato sui sedimenti superficiali.

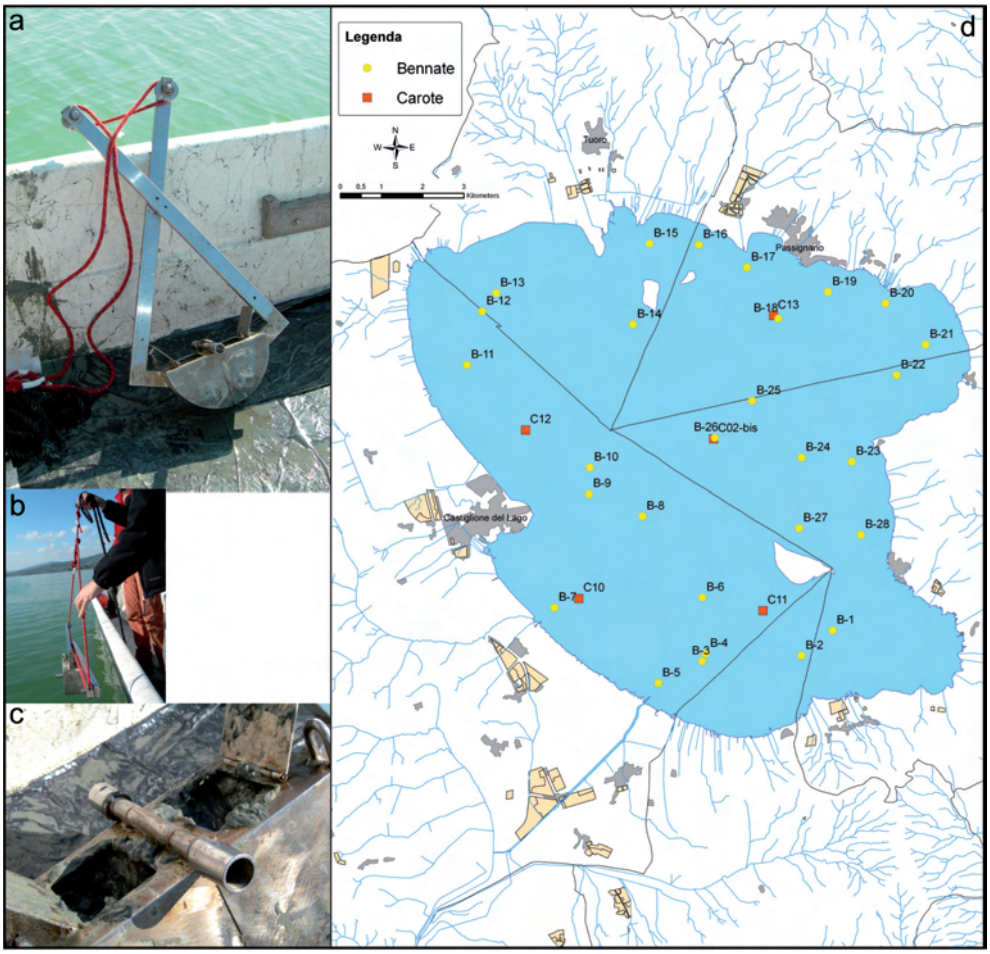


Fig. 1:
a, b, c: fasi di campionamento dei sedimenti superficiali; d: carta di campionamento

La scelta dell'ubicazione dei punti di campionamento (fig.1) è stata effettuata considerando le seguenti caratteristiche:

- pressioni antropiche sulle aree costiere;
- caratteristiche ambientali del bacino;
- dati georeferenziati, relativi a lavori pregressi.

Il campionamento del sedimento superficiale, mediante benna tipo "Van Veen", è stato eseguito al fine di ottenere una dettagliata caratterizzazione qualitativa - areale "attuale" dei sedimenti (entro 5-7 cm).

La tab.1 riassume le caratteristiche del campionamento realizzato.

Tabella 1- Caratteristiche generali del campionamento dei sedimenti	
n. carote	5
lunghezza carote	da 50 a 120 cm
n. campioni sedimento per carota	10÷17
n. totale campioni sedimento carote	75
n. campioni carote analizzati	26
n. bennate	28
n. campioni bennate analizzate	19
n. campioni acqua superficiale	1
n. campioni interfaccia acqua-sedimento	5
n. campioni interstiziale	1

Sul campione di sedimento superficiale prelevato sono state effettuate, dal Laboratorio Multisito di Perugia di Arpa Umbria, le analisi per la determinazione dei seguenti parametri chimici: Residuo Secco a 105°C, Policlorobifenili (PCB) totali, Carbonio Organico totale (TOC), Carbone totale (Ctot), Azoto totale (Ntot), Fosforo totale (Ptot), Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) (10 composti), Metalli (12 elementi) e Pesticidi organoclorurati (10 principi attivi). Nel capitolo 19 sono presentati i dati analitici relativi ai campioni di sedimento (superficiale e profondo) e acqua (superficiale, interfaccia acqua-sedimento ed interstiziale).

8.2 Analisi statistica

La fase iniziale della *task* di progetto ha riguardato la verifica della distribuzione di metalli, nutrienti e microinquinanti nel sedimento superficiale del bacino lacustre. I dati sono stati elaborati in prima istanza con l'utilizzo delle tecniche esplorative multivariate ed inizialmente analizzati con il metodo delle componenti principali. Le variabili utilizzate, previa standardizzazione dei dati, sono il set dei "nutrienti" (Ctot, Ntot, Ptot, TOC) e quello dei metalli (Fetot, Mn, As, Crtot, Hg, Ni, Pb, Cu, Se, Zn).

La tab.2 riassume i risultati dell'analisi, proponendo i fattori in grado di spiegare oltre l'86,6% della varianza dei dati. Il fattore F1, che descrive il 58,33% della varianza, è essenzialmente legato ai metalli, mentre il fattore F2 (che descrive il 20,56% della varianza) è legato ai nutrienti (ad eccezione del Ptot).

Tabella 2 – Risultati dell'analisi delle Componenti Principali

Correlazione fattore-variabile (pesi fattoriali), basate su covarianze

	F1	*F2*	*F3*
N tot	-0,36	0,87	-0,04
TOC	-0,38	0,89	-0,07
C tot	-0,22	0,95	-0,04
P tot	-0,69	0,14	0,34
As	-0,75	-0,17	0,23
Cr	-0,94	-0,22	-0,20
Fe tot	-0,95	-0,01	0,04
Mn	-0,49	-0,08	0,74
Ni	-0,94	-0,22	-0,17
Pb	-0,98	-0,09	-0,09
Cu	-0,93	-0,08	-0,22
Se	-0,86	-0,00	0,20
Zn	-0,87	-0,22	-0,33

La matrice (tab.3) evidenzia, infatti, l'elevata correlazione che esiste tra i metalli ed in particolare tra Fetot, Crtot, Ni, Pb, Cu, Se e Zn. Le correlazioni risultano meno nette per Mn, Hg e As. Poiché per tre campioni di sedimento il set degli analiti risultava incompleto della determinazione del mercurio, per una migliore rappresentazione spaziale, è stato scelto di favorire il numero dei casi piuttosto che mantenere una variabile statistica in più. Il mercurio è stato pertanto escluso dall'analisi statistica.

Tabella 3 – Coefficienti di correlazione lineari tra le variabili dell'intero dataset

	N tot	TOC	C tot	P tot	R.S.	As	Cr tot	Fe tot	Mn	Hg	Ni	Pb	Cu	Se	Zn	IPA	PCB
N tot	1,00	0,90	0,87	0,24	-0,73	0,21	0,29	0,35	0,09	0,41	0,24	0,37	0,35	0,24	0,36	0,36	-0,01
TOC	0,90	1,00	0,96	0,34	-0,68	0,15	0,21	0,31	0,11	0,47	0,19	0,29	0,32	0,27	0,24	0,01	0,13
C tot	0,87	0,96	1,00	0,25	-0,59	0,06	0,06	0,16	-0,01	0,47	0,04	0,14	0,21	0,17	0,09	-0,04	0,08
P tot	0,24	0,34	0,25	1,00	-0,61	0,41	0,70	0,79	0,39	0,27	0,79	0,73	0,80	0,72	0,68	-0,11	0,47
R.S.	-0,73	-0,68	-0,59	-0,61	1,00	-0,44	-0,71	-0,78	-0,25	-0,55	-0,70	-0,77	-0,78	-0,63	-0,74	-0,17	-0,26
As	0,21	0,15	0,06	0,41	-0,44	1,00	0,73	0,65	0,59	0,08	0,65	0,75	0,57	0,73	0,75	0,03	-0,06
Cr	0,29	0,21	0,06	0,70	-0,71	0,73	1,00	0,94	0,43	0,26	0,98	0,97	0,92	0,90	0,98	0,17	0,17
Fe tot	0,35	0,31	0,16	0,79	-0,78	0,65	0,94	1,00	0,44	0,29	0,96	0,96	0,95	0,85	0,94	0,12	0,27
Mn	0,09	0,11	-0,01	0,39	-0,25	0,59	0,43	0,44	1,00	0,06	0,41	0,46	0,38	0,42	0,44	-0,13	0,08
Hg	0,41	0,47	0,47	0,27	-0,55	0,08	0,26	0,29	0,06	1,00	0,23	0,24	0,32	0,23	0,23	0,05	0,14
Ni	0,24	0,19	0,04	0,79	-0,70	0,65	0,98	0,96	0,41	0,23	1,00	0,95	0,94	0,89	0,95	0,11	0,31
Pb	0,37	0,29	0,14	0,73	-0,77	0,75	0,97	0,96	0,46	0,24	0,95	1,00	0,94	0,87	0,98	0,17	0,17
Cu	0,35	0,32	0,21	0,80	-0,78	0,57	0,92	0,95	0,38	0,32	0,94	0,94	1,00	0,89	0,91	0,03	0,27
Se	0,24	0,27	0,17	0,72	-0,63	0,73	0,90	0,85	0,42	0,23	0,89	0,87	0,89	1,00	0,87	-0,12	0,18
Zn	0,36	0,24	0,09	0,68	-0,74	0,75	0,98	0,94	0,44	0,23	0,95	0,98	0,91	0,87	1,00	0,26	0,16
IPA	0,36	0,01	-0,04	-0,11	-0,17	0,03	0,17	0,12	-0,13	0,05	0,11	0,17	0,03	-0,12	0,26	1,00	-0,20
PCB	-0,01	0,13	0,08	0,47	-0,26	-0,06	0,17	0,27	0,08	0,14	0,31	0,17	0,27	0,18	0,16	-0,20	1,00

Il secondo passo dell'elaborazione è consistito nella distinzione dei casi in gruppi omogenei, effettuata mediante l'analisi per *clusters*, sulle stesse variabili utilizzate nel metodo delle componenti principali. La prima verifica è consistita nell'esaminare le relazioni tra variabili. La fig.2 evidenzia la netta separazione fra metalli e nutrienti e, in seno agli stessi metalli, la separazione fra il raggruppamento di Crtot, Ni, Pb, Cu, Zn, Fetot da quello del Mn e As. La fig.3 propone la ripartizione dei casi in gruppi omogenei. Si segnala che la destinazione del campione B1 in un gruppo a sé stante (gruppo B) è stata effettuata in virtù di un'elevata distanza di legame dal gruppo A2.

Dalle indicazioni delle relazioni tra le variabili e i raggruppamenti omogenei è possibile evidenziare le caratteristiche dei gruppi su diagrammi binari.

La fig.4 propone, a titolo esemplificativo, le relazioni tra le coppie di metalli caratterizzate dalle minori distanze di legame (fig.2), mantenendo come variabile fissa il Crtot.

In tali diagrammi si evince il peso delle relazioni tra le concentrazioni di Crtot, Ni, Pb, Cu, Zn, Fetot, sulla distinzione in gruppi. I gruppi C e B si caratterizzano per le più basse concentrazioni dei metalli sopra elencati, mentre i gruppi A1 e A2 fanno in realtà parte di un unico gruppo (per continuità) del quale A1 rappresenta i ter-

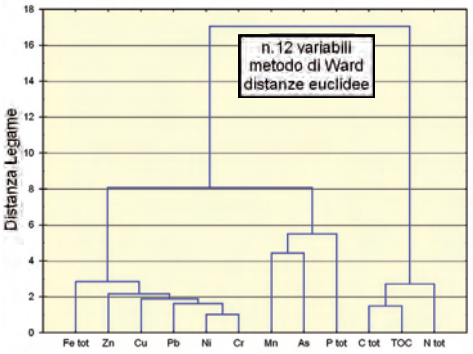


Fig. 2:

Dendrogramma delle variabili (da analisi *cluster* su n.12 variabili)

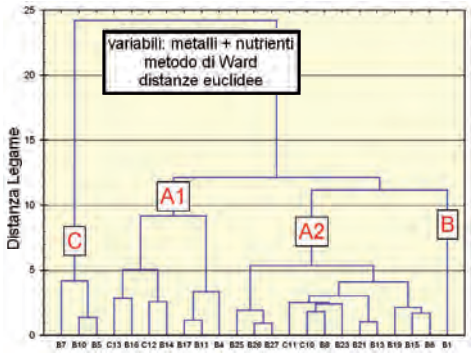


Fig. 3:

Dendrogramma dei casi (da analisi *cluster* su metalli + nutrienti)

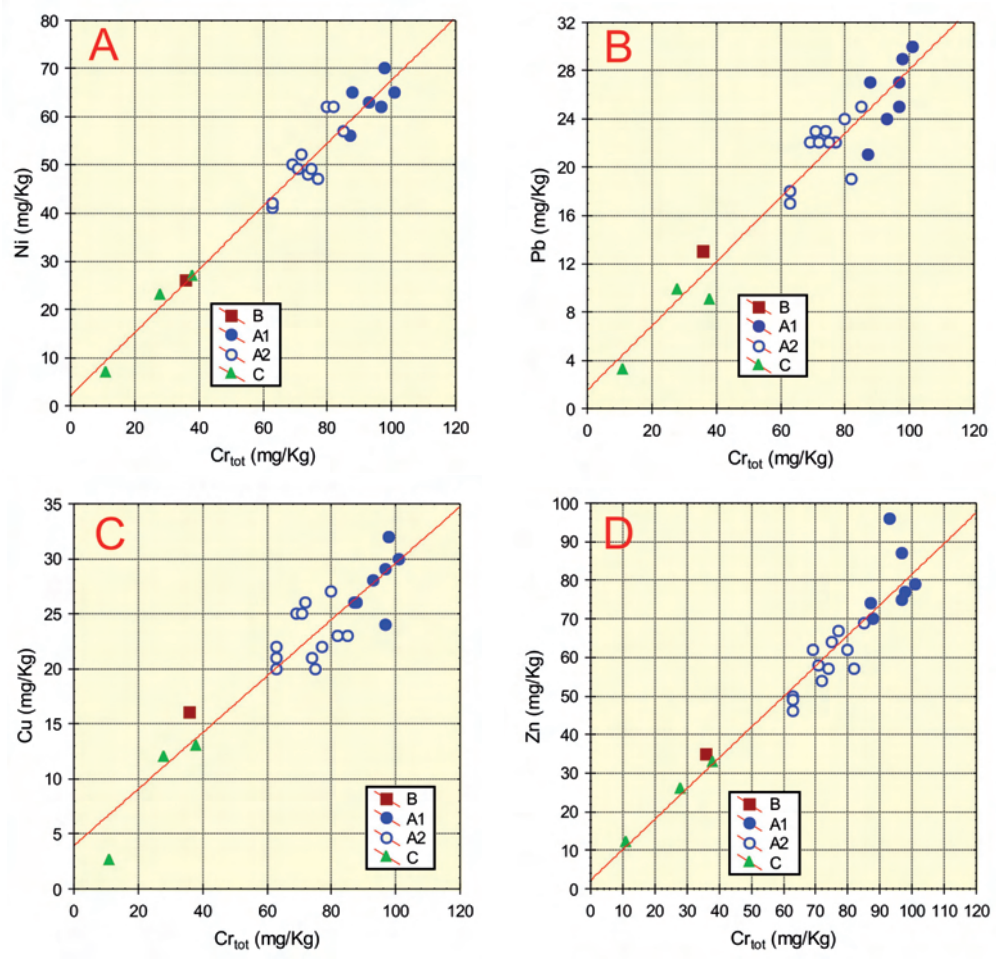


Fig. 4:

Diagrammi binari (A: Crtot vs. Ni; B: Crtot vs. Pb; C: Crtot vs. Cu; D: Crtot vs. Zn)

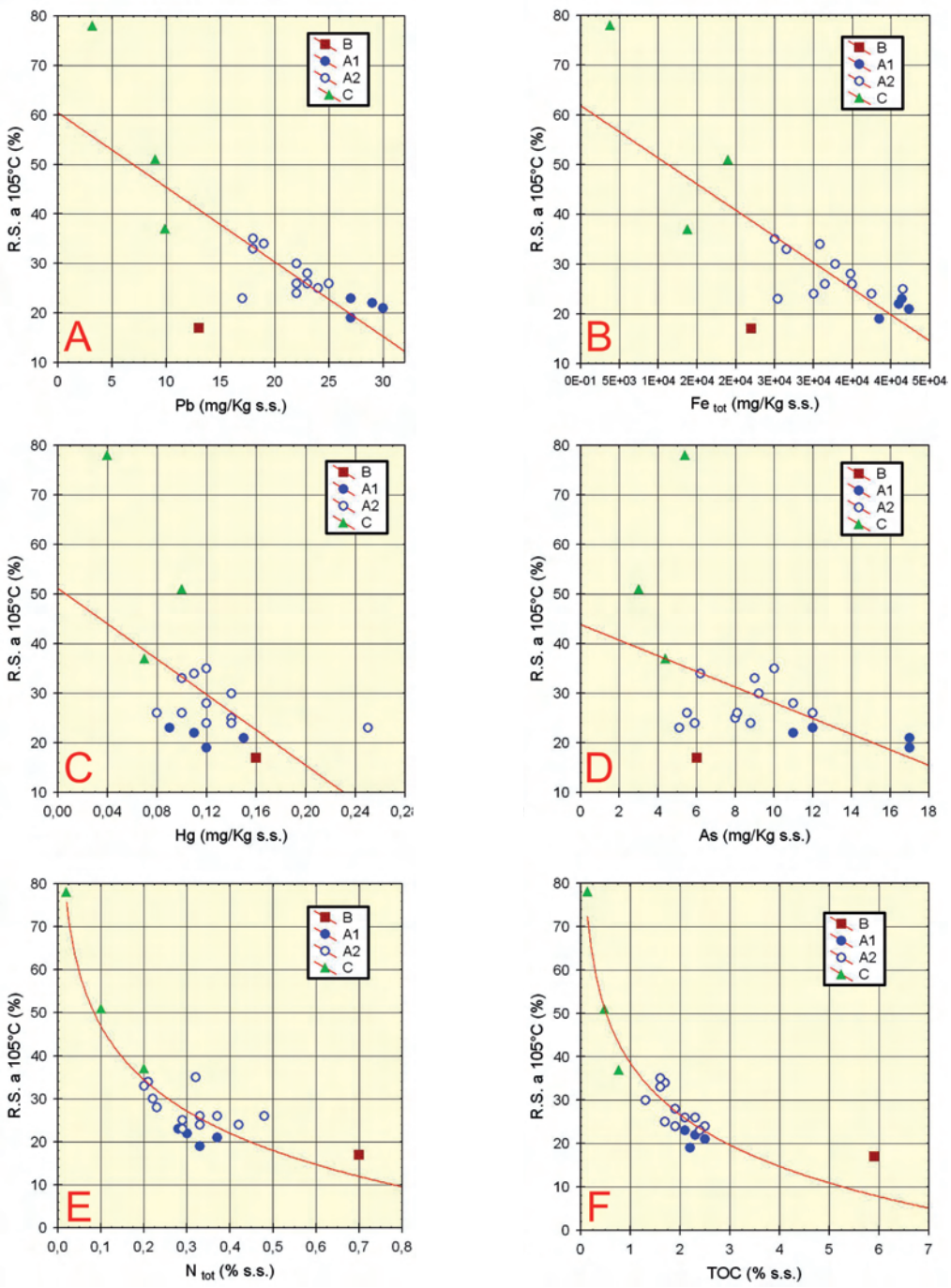


Fig. 5:

Relazioni binarie R.S. ÷ Pb (A); Fetot (B); Hg (C); As (D); Ntot (E); TOC (F)

mini con le concentrazioni più elevate. I motivi delle basse concentrazioni dei metalli per i gruppi B e C, nonché gli ulteriori elementi di discriminazione in gruppi, possono essere indagati osservando i valori del Residuo Secco (R.S.) dei sedimenti (fig.5). Dai diagrammi di fig.5 si evidenzia un'inversa proporzionalità tra i metalli (in particolare Pb, e Fetot) e il R.S. In mancanza di analisi granulometriche risulta impercorribile stabilire la ragione specifica di tale relazione. Tuttavia è possibile considerare che campioni relativi alla parte più superficiale dei sedimenti non possono presentare un diverso stato di compattazione (rappresentato dal R.S.) se non per una diversa tessitura delle particelle costituenti.

Le osservazioni "speditive" (qualitative) effettuate all'atto del campionamento delle zone "sottocosta" nella fascia sud-occidentale (coincidente con l'ubicazione dei campioni del gruppo C – fig.6), hanno evidenziato, infatti, una tessitura prevalentemente sabbiosa. Tale caratteristica è confermata dagli studi effettuati da ISMAR *et al.* (2005) i quali, in tale fascia, hanno identificato un sedimento prevalentemente sabbioso, riferibile ad un' "antica linea di costa". Poiché i campioni dovrebbero riferirsi a sedimenti "recenti", tali considerazioni indicano che in tale fascia l'apporto di solidi si caratterizza per una classazione granulometrica ampia e una sedimentazione "tipo conoide", oppure (ma in realtà non in alternativa) per un tasso di sedimentazione lineare relativamente molto più basso che nel resto del lago. In entrambi i casi si distingue un sedimento caratterizzato da basse concentrazioni di metalli e nutrienti maggiormente legati alla presenza ed al ruolo (geochimico) delle particelle fini. Per altri metalli, come il Hg e l'As, la differenza di concentrazione è meno netta (figg.5B e 5C), anche se i campioni del gruppo C presentano valori comparabili a quelli più bassi dei gruppi A1 e A2.

In tab.4 vengono proposte le statistiche descrittive dei vari gruppi di campioni. Pur mostrando analogie in termini di concentrazioni in metalli con le caratteristiche del gruppo C, il campione del gruppo B si differenzia nettamente (da tutti gli altri gruppi) per le seguenti caratteristiche:

- il valore del R.S. è il più basso dell'intero dataset;
- le concentrazioni in nutrienti (figg.5E e 5F) sono le più elevate dell'intero dataset (soprattutto per TOC e Ctot).

Mentre per il gruppo C le basse concentrazioni di metalli e nutrienti sono imputate alla tessitura dei sedimenti, per il gruppo B, caratterizzato da un valore del R.S. molto basso e pertanto da una matrice tessiturale essenzialmente fine, la causa è senz'altro diversa e motivo di approfondimento. Allo stesso modo, occorre considerare anche gli elevati valori della sostanza organica, per il ruolo che esercita, in relazione alla sua decomposizione, nel modificare le condizioni Eh-pH nel sedimento.

Occorre tuttavia specificare che il gruppo B non ha, statisticamente, una connotazione di gruppo essendo determinato da un solo campione. Resta da chiarire, infatti, se nell'ambito del dataset tale campione rappresenti un'anomalia o se sia invece rappresentativo di una realtà "spaziale" che coinvolge un'area del lago ben precisa, con caratteristiche pressoché uniche rispetto al resto del bacino. Il campione risulta infatti l'unico ubicato in corrispondenza dell'oasi floro-faunistica "La Valle" soggetta, in quanto area protetta, a stretti vincoli di carattere ambientale che limitano la pressione antropica ed il relativo impatto.

In conclusione viene proposta la distribuzione spaziale dei singoli gruppi (fig.6).

La distribuzione evidenzia le seguenti caratteristiche:

- il limitato sviluppo areale dei campioni del gruppo C, limitato alla zona sottocosta del settore sud-occidentale del lago;
- l'ubicazione del campione relativo al gruppo B per il quale risulta necessario chiarire se si tratti di un campione recante qualche anomalia oppure se sia rappresentativo delle particolari condizioni esistenti nell'area compresa tra S.Feliciano, Isola Polvese e S.Arcangelo (oasi "La Valle");

Tabella 4: Statistiche descrittive dei vari gruppi statistici

Statistiche Descrittive Gruppi

	gruppo A1						gruppo A2					
analiti	*n.validi*	*media*	*mediana*	*min*	*max*	*s.d.*	*n.validi*	*media*	*mediana*	*min*	*max*	*s.d.*
N tot	7	0,26	0,28	0,16	0,37	0,077	12	0,31	0,3	0,2	0,48	0,087
TOC	7	2,13	2,1	1,9	2,5	0,221	12	1,94	1,9	1,3	2,5	0,378
C tot	7	2,81	2,7	2,3	3,3	0,414	12	3,09	2,85	2,5	4,28	0,597
P tot	7	0,04	0,04	0,02	0,05	0,013	12	0,03	0,03	0,03	0,05	0,007
TOC/Ntot	7	8,53	7,67	6,67	12,5	2,096	12	6,58	6,44	4,52	8,28	1,442
R.S.	4	21,25	21,50	19	23	1,708	12	27,83	26	23	35	4,174
As	7	12,63	12	8,4	17	3,220	12	8,23	8,45	5,1	12	2,21
Cr tot	7	94,43	97	87	101	5,287	12	72,83	73	63	85	7,481
Fe tot	7	35600	38500	28000	42300	6601	12	31858	31500	25000	41500	4922
Mn	7	3848	761	670	12800	5225	12	649,42	629,5	521	835	95,862
Hg	4	0,12	0,11	0,09	0,15	0,025	12	0,13	0,12	0,08	0,25	0,043
Ni	7	63,29	63	56	70	4,231	12	50,08	49	41	62	7,166
Pb	7	26,14	27	21	30	3,078	12	21,25	22	17	25	2,598
Cu	7	27,86	28	24	32	2,734	12	22,92	22,5	20	27	2,353
Se	7	4,2	4,3	2,8	5,3	1,079	12	3,81	3,75	3,1	4,6	0,44
Zn	7	79,71	77	70	96	8,902	12	57,92	57,5	46,00	69	7,242
IPA	4	0	0	0	0	---	12	0,01	0	0	0,03	0,01
PCB	4	0	0	0	0	---	12	0	0	0	0	---
	gruppo C						gruppo B					
analiti	*n.validi*	*media*	*mediana*	*min*	*max*	*s.d.*	*n.validi*	*media*	*mediana*	*min*	*max*	*s.d.*
N tot	3	0,11	---	0,2	0,48	0,087	1	0,7	---	---	---	---
TOC	3	0,46	---	1,3	2,5	0,378	1	5,9	---	---	---	---
C tot	3	1,03	---	2,5	4,28	0,597	1	9,5	---	---	---	---
P tot	3	0,02	---	0,03	0,05	0,007	1	0,035	---	---	---	---
TOC/Ntot	3	5,22	---	4,52	8,28	1,442	1	8,4	---	---	---	---
R.S.	3	55,33	---	23	35	4,174	1	17	---	---	---	---
As	3	4,27	---	5,1	12	2,21	1	6	---	---	---	---
Cr tot	3	25,67	---	63	85	7,481	1	36	---	---	---	---
Fe tot	3	12200	---	25000	41500	4922	1	22000	---	---	---	---
Mn	3	302	---	521	835	95,862	1	381	---	---	---	---
Hg	3	0,07	---	0,08	0,25	0,043	1	0,16	---	---	---	---
Ni	3	18,97	---	41	62	7,166	1	26	---	---	---	---
Pb	3	7,37	---	17	25	2,598	1	13	---	---	---	---
Cu	3	9,2	---	20	27	2,353	1	16	---	---	---	---
Se	3	1,73	---	3,1	4,6	0,44	1	2,8	---	---	---	---
Zn	3	23,67	---	46,00	69	7,242	1	35	---	---	---	---
IPA	3	0	---	0	0,03	0,01	1	0	---	---	---	---
PCB	3	0	---	0	0	---	1	0,001	---	---	---	---

- un contesto generale caratterizzato dall'appartenenza dei campioni al gruppo A2 ed un concentramento dei campioni del gruppo A1 nel settore nord-occidentale del lago.

Per affrontare più nel dettaglio la distribuzione dei gruppi è stato necessario utilizzare la distribuzione spaziale degli elementi ritenuti avere il maggior peso nella varianza del sistema ricorrendo ad un'elaborazione geostatistica dei dati.

8.3 Analisi geostatistica

Le carte della distribuzione spaziale di metalli, nutrienti e residuo secco sono state realizzate utilizzando l'algoritmo di

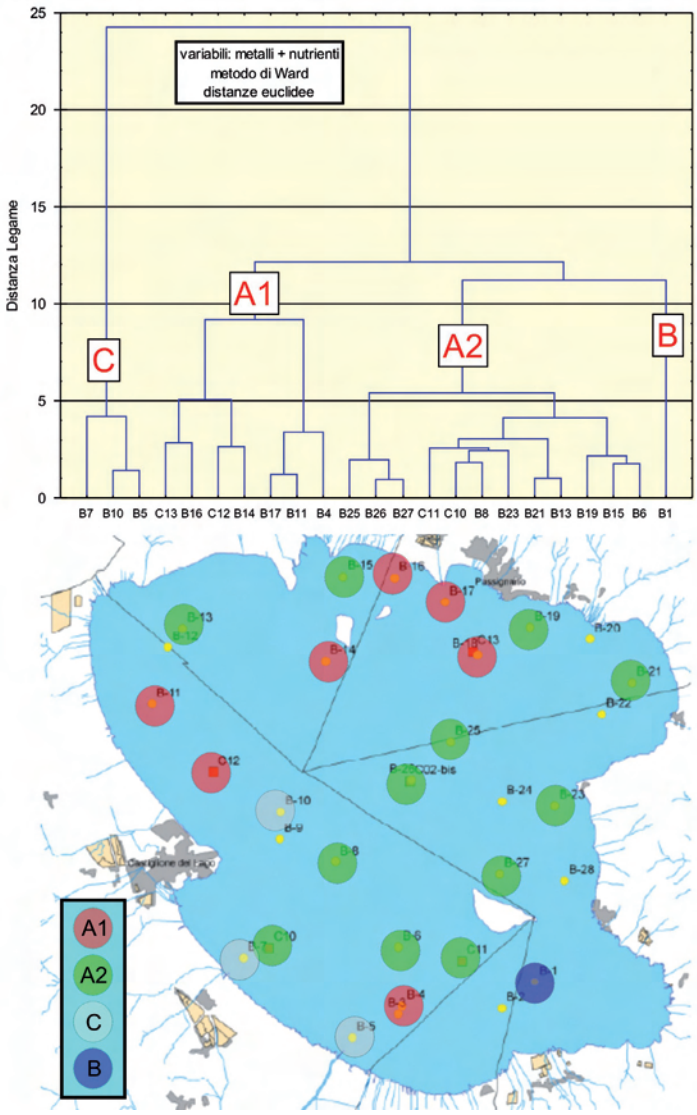


Fig.6:
Distribuzione dei campioni identificati in gruppi

calcolo "sgsim" (Simulazioni Sequenziali Gaussiane - sGs) contenuto nel software GSLIB (Deutsch and Journel, 1998).

Negli ultimi anni, l'approccio geostatistico mediante simulazioni stocastiche è divenuto pratica assai comune, preferita ai tradizionali metodi di interpolazione (p.e. kriging, IDW) utilizzati nelle scienze ambientali. Risulta fondamentale infatti preservare la variabilità spaziale dell'attributo misurato (per esempio la concentrazione dei metalli) in particolare negli studi finalizzati alla caratterizzazione della contaminazione delle varie matrici ambientali (Goovaerts, 1997, 2001; Cardellini *et al.*, 2003; Cinnirella *et al.*, 2005, Accornero *et al.*, 2008). Mediante il metodo di calcolo sGs, si possono generare un set di rappresentazioni (carte) equiprobabili e alternative della distribuzione di un attributo, tutte riproducenti i parametri statistici (media e deviazione standard) e l'andamento spaziale (variogramma) dei dati sperimentali. L'insieme di tutte le rappresentazioni e le loro differenze costituiscono una rappresentazione dell'incertezza associata alla mappatura del parametro (Rautman e Istok, 1996).

I risultati delle simulazioni sequenziali gaussiane si differenziano da quelli ottenibili dal kriging (uno dei metodi di interpolazione geostatistica tradizionalmente più diffusi), perché presentano una maggiore "strutturazione" a livello globale, necessaria per delineare le caratteristiche generali del fenomeno studiato, anche a scapito di una minore precisione puntuale. Nello studio dei parametri ambientali a grande scala (regionale, bacino, acquifero,...) è sicuramente più importante delineare le caratteristiche generali del fenomeno, piuttosto che ottenere una griglia di valori corretti localmente ma globalmente poco significativi.

La distribuzione della concentrazione dei diversi parametri analizzati nel sedimento è stata calcolata secondo una griglia di calcolo con maglie di 200 x 200 metri (celle con area di 40000 m^2 e simulazione della concentrazione ogni 200 metri). La dimensione delle celle di calcolo è stata scelta in modo da ottenere un livello di dettaglio sufficiente a definire la variabilità spaziale.

La simulazione procede per step:

- normalizzazione della variabile;
- definizione del modello della variabilità spaziale: calcolo del variogramma;
- calcolo dei valori della concentrazione nei nodi della griglia di calcolo dove non sono presenti dati sperimentali (ogni qualvolta un valore viene calcolato viene integrato nel dataset ed utilizzato nel calcolo).
- ripetendo la simulazione seguendo dei percorsi di calcolo diversi (calcolando con ordine diverso i diversi punti dello spazio), si ottengono diverse rappresentazioni equiprobabili e alternative.

Nel caso specifico delle carte del contenuto medio della variabile, queste sono state ottenute mediando, punto per punto, 100 differenti rappresentazioni. Le simulazioni così ottenute sono state post-processate per ottenere le mappe finali del valore medio simulato.

Per alcuni parametri non è stato invece possibile effettuare una elaborazione geostatistica. Infatti, sia per il Mercurio (20 dati) che per il Cadmio (75% dei dati inferiori al limite di detezione), lo scarso numero di dati disponibili non consente di ottenere una accurata ricostruzione spaziale della distribuzione delle concentrazioni. Anche nel caso dei PCB, poiché alle concentrazioni inferiori al limite di detezione è associato un elevato grado di incertezza (±30%), è stato ritenuto non corretto effettuare una elaborazione geostatistica di tali dati.

Infine, anche nel caso degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), a causa delle concentrazioni molto basse (inferiori al limite di detezione), non è stato ritenuto opportuno rappresentare la loro diffusione areale.

In fig.7 (A, B, C, D) e in fig.8B, vengono proposte le distribuzioni dei metalli che hanno il maggior peso nella distinzione dei campioni in gruppi statisticamente omogenei. Tali mappe risultano praticamente sovrapponibili con la distribuzione dei campioni realizzata mediante l'elaborazione dei dati con le tecniche esplorative multivariate (fig.6). L'area lacustre risulta genericamente suddivisa in due parti, a causa di concentrazioni più elevate nel settore centro-settentrionale, genericamente corrispondente al settore compreso tra Passignano, Castiglione e Borghetto.

Dalla distribuzione del Ni, soprattutto (fig.7D), emergono le basse concentrazioni che caratterizzano la fascia sottocosta sud-occidentale corrispondente ai campioni del gruppo C e una migliore discriminazione del settore con le concentrazioni relativamente più elevate, il quale sembrerebbe non essere costituito da un nucleo omogeneo, bensì dalla "fusione" dei nuclei corrispondenti all'area compresa fra Passignano e Tuoro ed allo sbocco del F.sso Paganico.

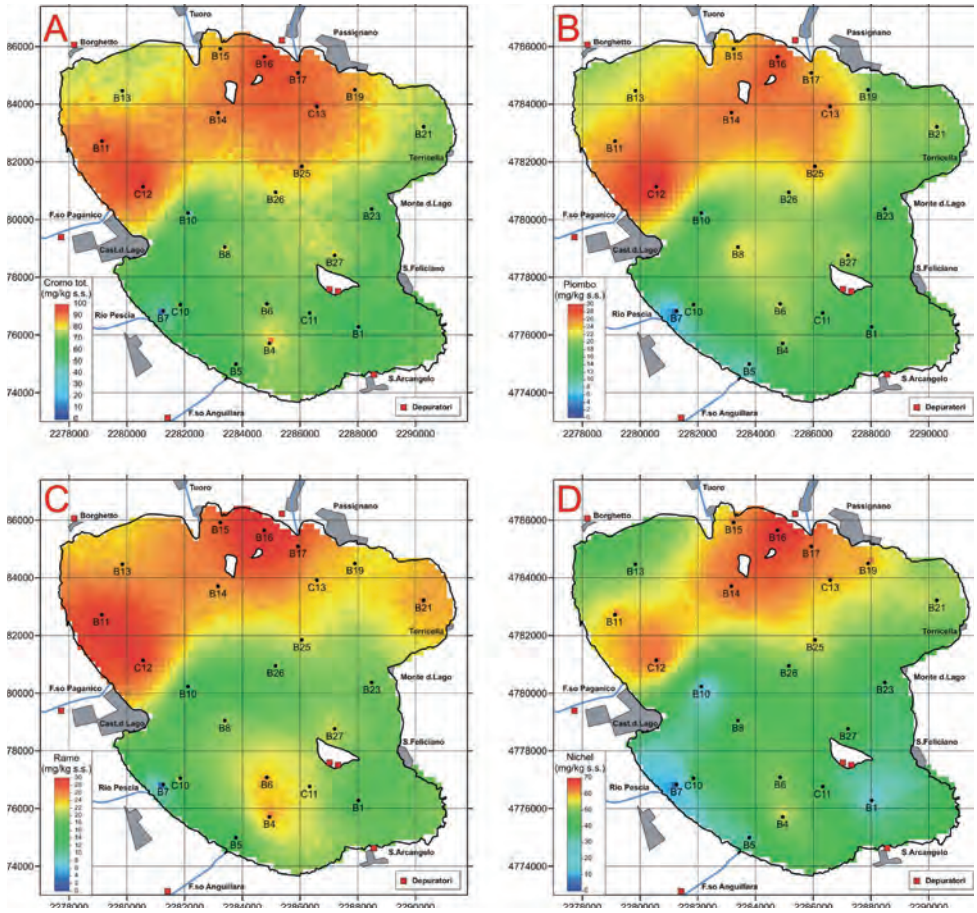


Fig.7

Distribuzione spaziale delle concentrazioni in (A) Crtot, (B) Pb, (C) Cu, (D) Ni

Tale "assetto" è confermato anche dalla distribuzione del Fetot (fig.8A) in base alla quale, oltre alla presenza dei suddetti "nuclei", si apprezza una distinzione fra la metà settentrionale del bacino lacustre e quella meridionale. La separazione non è tuttavia netta in quanto, nonostante l'impatto visivo della mappa di distribuzione, il gradiente di concentrazione non è elevato.

Le distribuzioni delle concentrazioni del Mn e dell'As (fig.9) risultano ben sovrapponibili ed evidenziano un nucleo principale, localizzato al centro dell'emibacino settentrionale, dal quale si diramano due propaggini, una verso lo sbocco del F.sso Paganico e l'altra orientata circa N-S. La distribuzione del Mn in particolare, propone due nuclei in cui la concentrazione del Mn risulta di un ordine di grandezza superiore rispetto ai valori più elevati del resto del dataset. Tali valori trovano una corrispondenza solo parziale con la distribuzione degli altri metalli. Solo il campione C12 infatti manifesta concentrazioni per i metalli al limite superiore del dataset.

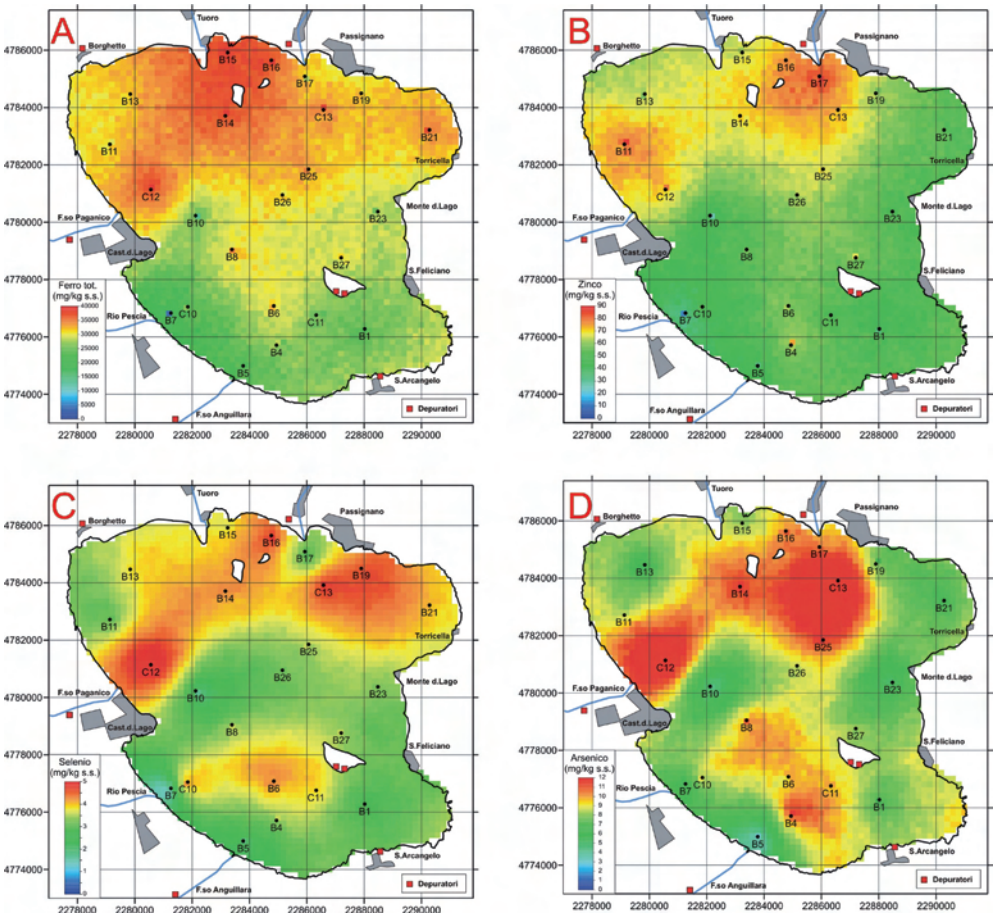


Fig.8:
Distribuzione spaziale delle concentrazioni in (A) Fetot, (B) Zn, (C) Se, (D) As

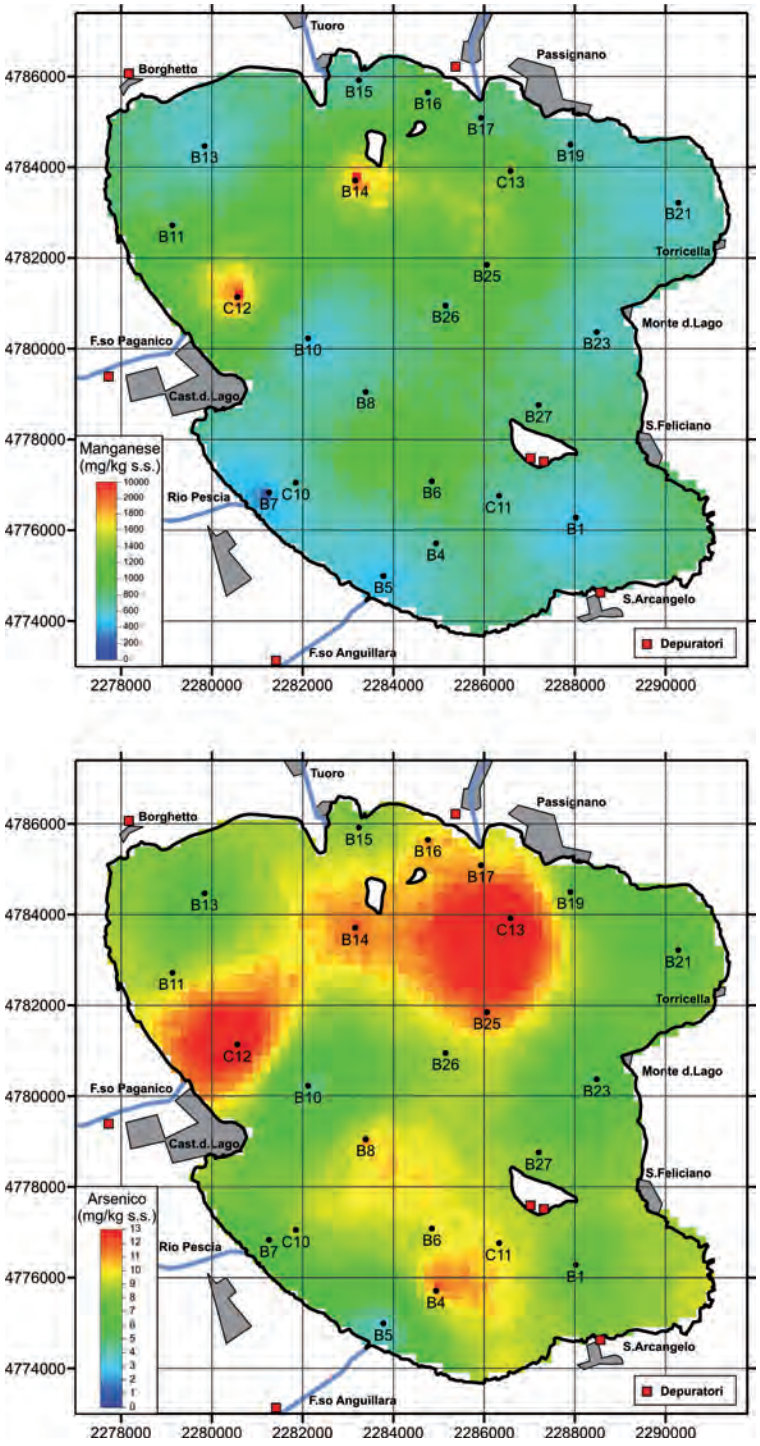


Fig.9:

Distribuzione spaziale delle concentrazioni in Mn e As

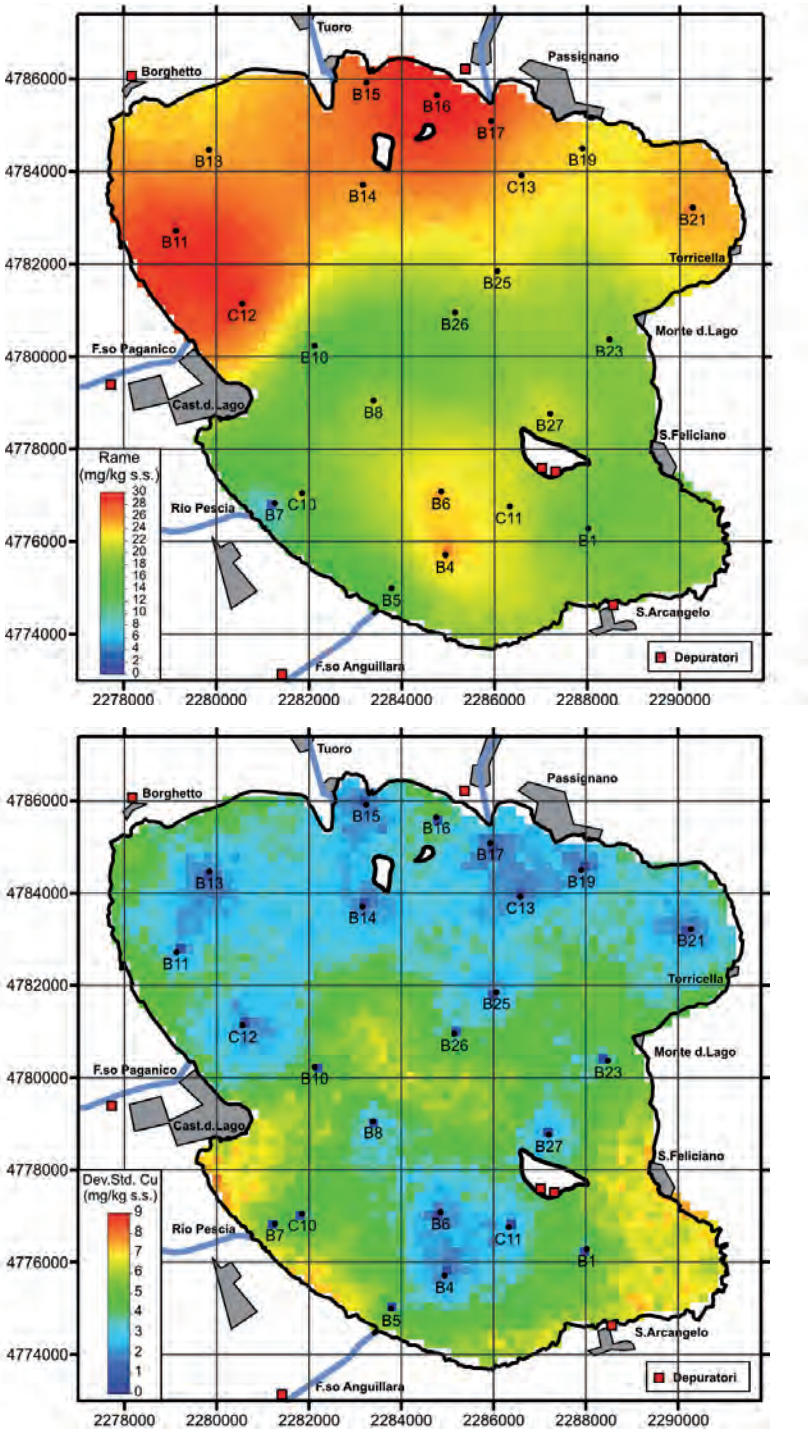


Fig.10

Distribuzione spaziale del valore medio simulato e deviazione standard del Cu

Tale caratteristica è in generale riconducibile ad un'anomalia che esigerebbe un approfondimento di indagine. L'anomalia non rappresenta infatti un campione isolato in un contesto di concentrazioni disomogenee bensì un'area estesa (non rappresentabile in mappa per limiti di interpolazione geostatistica) dallo sbocco del F.sso Paganico all'Isola Maggiore. Le ragioni di tali concentrazioni non sono tuttavia interpretabili con i dati disponibili e risulta possibile fare solo le seguenti ipotesi:

- da un punto di vista strettamente geochimico si dovrebbe ipotizzare l'esistenza di particolari condizioni Eh-pH che determinano un legame preferenziale del Mn con la fase solida;
- insieme alle condizioni di cui al punto precedente si potrebbe ammettere un'origine esterna del Mn, immesso in rilevante quantità nel lago tramite il F.sso Paganico e distribuito preferenzialmente in tutta la fascia;
- si potrebbero ammettere anomale condizioni di campionamento che hanno determinato una raccolta di sedimento selettiva, di un livello particolarmente ricco di tale elemento.

Ovviamente tali ipotesi hanno motivazioni e pesi talmente differenti da non poter essere ragionevolmente percorse senza dati aggiuntivi rispetto a quelli disponibili.

Le mappe della deviazione standard rappresentano un modo per valutare l'incertezza e la variabilità della distribuzione dei valori di concentrazione e dipendono dalla densità dei campioni, dal modello di variogramma adottato e dai valori di concentrazione dei campioni. In fig.10, come esempio, sono messe a confronto la carta della distribuzione spaziale del valore medio simulato del Cu e quella della sua deviazione standard. In questo caso, la deviazione standard si mantiene su valori generalmente piuttosto contenuti, più elevati nelle aree di "bordo" e in quelle caratterizzate da una minore densità di campioni.

In fig.11 vengono proposte le distribuzioni dei "nutrienti", le quali mostrano una distribuzione dei massimi di concentrazione relativa del Ptot disomogenea rispetto alle distribuzioni, quasi sovrapponibili, di TOC, Ctot, e Ntot. Il massimo relativo principale risulta ubicato nel settore nord-occidentale del bacino lacustre, nell'area prospiciente il Lido di Tuoro. Nonostante i coefficienti di correlazione (tab.2) evidenzino una buona relazione con vari metalli, il peso fattoriale (tab.1) del Ptot e le sue Distanze di Legame (fig.2) con i metalli evidenziano una relazione meno netta di quanto espresso dai coefficienti di correlazione.

Tale aspetto si riflette su una distribuzione spaziale che non risulta sovrapponibile ad alcun metallo, se non per aree ristrette. La distribuzione che più si sovrappone a quella del Ptot risulta quella del Fetot, soprattutto per quanto attiene alla distribuzione nell'area prospiciente il Lido di Tuoro e, parzialmente, alla parte centrale dell'emibacino meridionale.

In un contesto in genere omogeneo in tutto il resto del lago, Ctot, e Ntot in particolare evidenziano un massimo relativo limitato al settore orientale, nella fascia compresa fra Torricella e S.Arcangelo. Il valori più elevati corrispondono tuttavia ad un nucleo corrispondente all'oasi La Valle, esteso fino all'Isola Polvese, ben identificato dalla distribuzione del TOC. Le distribuzioni spaziali infine evidenziano i bassi valori nella zona sottocosta a sud di Castiglione, nella fascia genericamente compresa fra lo sbocco del Rio Pescia e del F.sso Anguillara. La sovrapponibilità con la

distribuzione dei metalli è evidente e, come già descritto in precedenza, è probabilmente correlata alle caratteristiche granulometriche in funzione del tipo di apporti dall'esterno e delle modalità di sedimentazione.

Il set di microinquinanti ricercati comprende composti IPA, PCB's e pesticidi organo-clorurati. Non è possibile produrre mappe di distribuzione spaziale dei pesticidi organo-clorurati essendo risultati del tutto assenti, mentre, come detto in precedenza, per quanto riguarda IPA e PCB la loro concentrazione è risultata costantemente inferiore al limite di rilevabilità analitico (o limite di detezione: IPA=0.01 mg/Kg s.s.; PCB=0.006 mg/Kg s.s.), con la sola eccezione del campione B26 per il quale è stata rilevata una concentrazione di Benzo(b)fluorantene pari a 0.02 mg/kg.

8.4 Qualità complessiva del sedimento superficiale

In questo paragrafo viene preso in esame l'insieme delle caratteristiche proposte dalle distribuzioni spaziali e viene

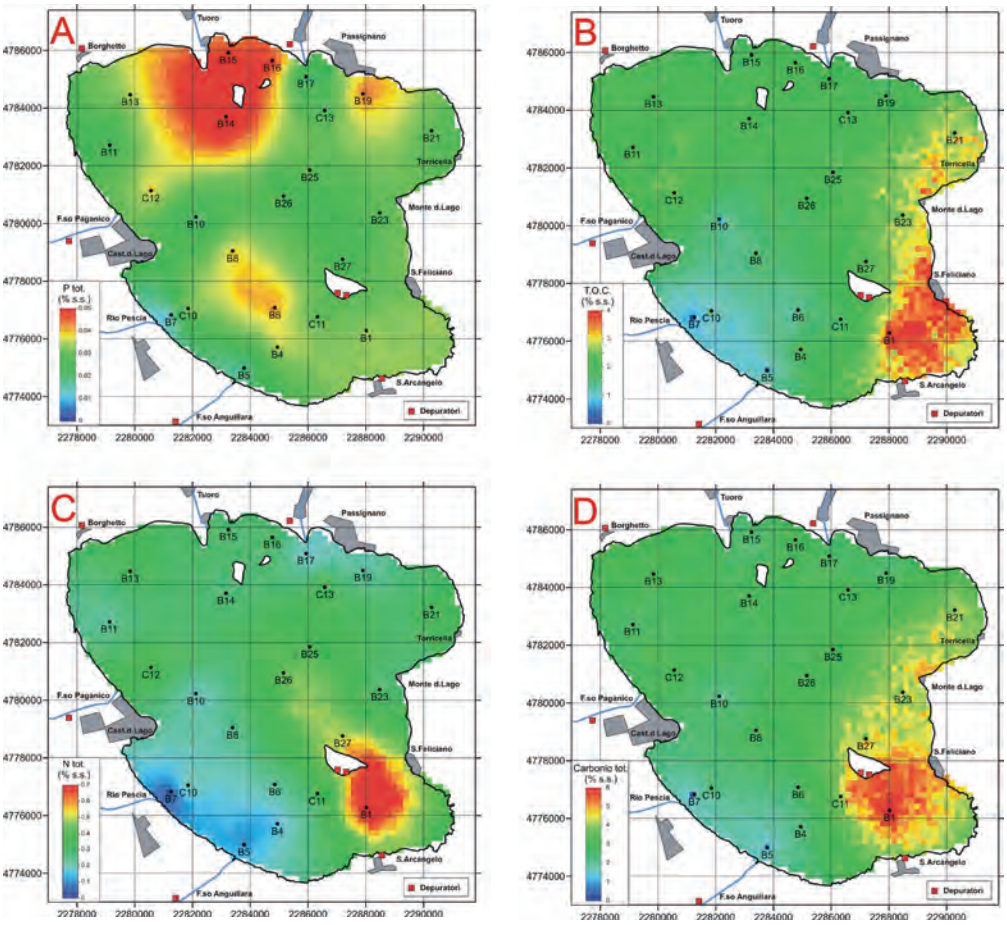


Fig.11

Distribuzione spaziale delle concentrazioni in (A) Ptot, (B) TOC, (C) Ntot, (D) Ctot

effettuato un confronto fra le concentrazioni dei metalli, dei nutrienti e dei microinquinanti nei sedimenti superficiali di altri corpi idrici lacustri.

Prima di effettuare tale analisi, occorre tuttavia aggiungere al quadro generale le indicazioni derivanti dalla distribuzione spaziale dei valori del Residuo Secco (R.S.), fino ad ora solo parzialmente discussa e di fondamentale importanza nella comprensione della distribuzione di metalli e nutrienti.

La letteratura infatti ci consegna un ruolo importante della tessitura e natura del sedimento nella comprensione delle caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti lacustri, soprattutto attraverso i processi generalizzati sotto il termine sorption. Numerosi studi (Oliver, 1973; Tipping, 1981; Horowitz e Elrick, 1988; Fortin *et al.*, 1993; Hamilton-Taylor *et al.*, 1995) hanno evidenziato la relazione inversa fra concentrazione dei metalli e dimensione dei granuli e che le elevate concentrazioni di metalli nei sedimenti più fini possono essere dovute all'influenza della maggiore area superficiale (per unità di massa) delle particelle, ad una maggiore quantità di sostanze reattive come la sostanza organica e agli ossidrossidi di Fe e Mn contenuti nella frazione argillosa e limosa del sedimento, nonché alle caratteristiche mineralogiche delle particelle. D'altra parte, il sedimento sabbioso è generalmente caratterizzato da minerali meno reattivi, come quarzo, feldspati e altri silicati (Miller e Orbock-Miller, 2007).

Dall'analisi statistica dei dati è emersa l'importanza della natura e tessitura dei sedimenti nella distinzione di gruppi di campioni statisticamente omogenei. Tale distinzione aveva portato a considerare che i campioni relativi alla parte più superficiale dei sedimenti non possono presentare un diverso stato di compattazione (rappresentato dal R.S.) se non legato a natura e tessitura delle particelle costituenti. Allo scopo di valutare l'eterogeneità del sedimento in termini granulometrici, in fig.12 viene proposta la distribuzione spaziale dei valori del R.S..

La distribuzione consente di distinguere tre aree:

- area centro-occidentale dell'emibacino meridionale;
- emibacino settentrionale;
- area orientale dell'emibacino meridionale.

L'area a SE di Castiglione (area centro-occidentale dell'emibacino meridionale), prospiciente lo sbocco a valle del Rio Pescia e del F.sso Anguillara, presenta i valori più elevati del R.S. Procedendo dall'area sotto costa verso il centro-lago i valori diminuiscono gradualmente. Tale configurazione è probabilmente una conseguenza delle modalità di sedimentazione dei solidi immessi nel bacino dai suddetti corsi d'acqua, i quali sono quindi caratterizzati da una classazione granulometrica ampia che dà luogo ad una sedimenta-

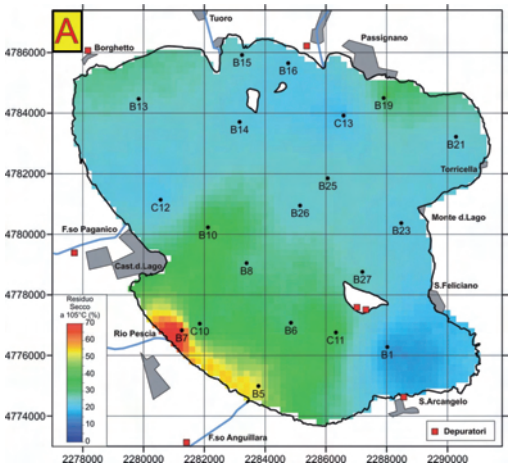


Fig.12

Distribuzione dei valori del R.S. nel sedimento superficiale

zione prevalentemente sabbiosa nella zona sottocosta e progressivamente più fine verso il centro-lago. Tale particolarità trova conferma nei dati granulometrici dei sedimenti del F.sso Anguillara, caratterizzati da una percentuale di sabbie intorno al 50% (Castellani *et al.*, 2005), mentre l'unico campione relativo al Rio Pescia (in prossimità del suo sbocco nel lago) evidenzia una composizione granulometrica essenzialmente limosa (Castellani *et al.*, 2005).

L'emibacino settentrionale, con l'esclusione della fascia più sottocosta nella quale i campioni prelevati da ISMAR evidenziano la presenza di sedimenti sabbiosi, propone valori del R.S. riferibili ad una tessitura fine ed omogenea. In base ai valori del R.S., anche il settore orientale dell'emibacino meridionale potrebbe essere considerato, senza distinzioni, un'estensione delle caratteristiche di quello settentrionale.

Nonostante tale caratteristica, il campione B1 mostra elementi distintivi chimico-composizionali che individuano un'area con caratteristiche uniche. Benché tale distinzione venga fatta con il supporto dei dati di un solo campione, le peculiarità ecologiche generali di tale area suggeriscono una buona rappresentatività del campione.

La descrizione sopra riportata è di fondamentale importanza nel momento in cui si passa ad un'analisi della distribuzione spaziale degli elementi e delle specie chimiche contenute nel sedimento superficiale considerandole anche come "inquinanti" e cioè come sostanze in tutto o in parte di derivazione esterna al corpo idrico lacustre, antropica e non.

Una sottolineatura di carattere generale di tali aspetti deriva dalla comparazione delle distribuzioni spaziali del R.S., della suscettività magnetica e del Fetot (fig.13). La distribuzione dei

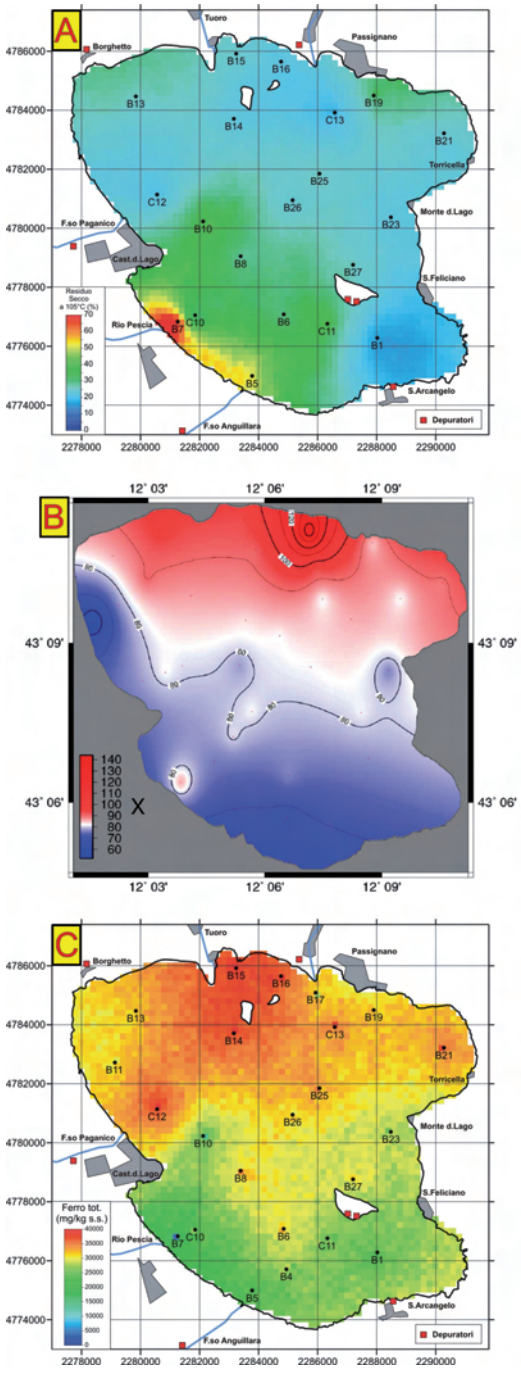


Fig.13

Distribuzione spaziale (A) dei valori del R.S., (B) dei valori della suscettività magnetica (da ISMAR et al., 2005) e (C) delle concentrazioni del Fetot

valori di suscettività magnetica (elaborata da ISMAR-CNR nel 2005 su dati riferibili a campioni diversi da quelli oggetto della presente trattazione) è in gran parte sovrapponibile a quella del Fetot nei sedimenti superficiali, e distingue in maniera netta l'emibacino settentrionale da quello meridionale. Si osservano altresì alcune situazioni nelle quali si hanno distribuzioni antitetiche come ad esempio l'area più occidentale dell'emibacino settentrionale nella quale, a concentrazioni relativamente elevate del Fetot non corrisponde un analogo valore della suscettività magnetica. Tale aspetto può dipendere da condizioni eterogenee del sedimento oppure da una diversa natura della fase solida contenente Fe.

Risulta pertanto scontato che in tale area si dovrebbe procedere ad un approfondimento di indagine utilizzando una maggiore densità di campionamento.

In genere, tuttavia, i valori elevati della concentrazione del Fetot e della suscettività magnetica corrispondono ai valori del R.S. relativamente bassi, a testimoniare una stretta relazione fra i metalli in genere e una fase solida costituita dalle particelle più fini, in virtù delle sue proprietà elettrochimiche. A tale relazione sfugge quanto rilevato nel settore genericamente compreso tra S.Arcangelo, S.Feliciano e Isola Polvese dove al più basso valore del R.S. corrispondono concentrazioni del Fetot mediamente inferiori rispetto all'emibacino settentrionale e, di conseguenza, bassi valori della suscettività magnetica.

Il confronto evidenzia caratteristiche che inducono a ritenere che, soprattutto nell'area compresa tra Tuoro, Passignano e Isola Maggiore (e anche quella prospiciente lo sbocco del F.sso Paganico), i massimi relativi di concentrazione siano imputabili non solo alla distribuzione granulometrica del sedimenti ma anche ad un apporto esterno che può essere riconducibile ai seguenti fattori:

- **input naturale** da bacini idrologici a diversa composizione litologica (e quindi mineralogica):
  - arenarie del Trasimeno (Miocene-Paleocene) nei settori N, E e SE;
  - sabbie-conglomerati (Pliocene-Pleistocene) settore W e SW;
- **input antropico**:
  - reflui civili, depurati e non; reflui industriali, depurati e non;
  - dilavamento di terreni agricoli recentemente fertilizzati (trasporto mediante fossi e canali, sia in forma disciolta, sia come particolato sospeso, specialmente in occasione di eventi di piena).

Non disponendo di dati granulometrici e mineralogici rilevati con sistematicità, sia sul lago che sul bacino, non è possibile approfondire gli aspetti legati agli apporti naturali (livelli di "background"). Per i fattori di natura antropica invece è possibile produrre alcune semplici osservazioni. Si segnala infatti nell'area compresa tra Tuoro e Passignano la presenza dello scarico relativo al depuratore delle Pedate, nonché la presenza dell'area turistica del Lido di Tuoro (Punta Navaccia) e del sito a forte presunzione di contaminazione (da metalli pesanti) ex-SAI di Passignano, inserita nella Lista A2 del Piano regionale per la bonifica delle aree inquinate (già dall'anno 2004). Inoltre, per un semplice confronto, si segnala il dato relativo al carico derivante dalla depurazione civile sugli emibacini settentrionale e meridionale in termini di abitanti equivalenti. L'emibacino meridionale raccoglie gli scarichi civili depurati di complessivi 5800 a.e., immessi nel lago a S.Arcangelo (1800 a.e.) e sul F.sso dell'Anguillara (4000 a.e.). Nell'emibacino settentrionale, invece, vengono immessi gli scarichi

depurati di complessivi 13000÷22800 a.e., di cui la maggior parte fra Passignano e Tuoro (6000÷12800) e dal F.sso Paganico (6000÷9000).

La relazione fra concentrazione dei metalli e input antropico da reflui civili necessita tuttavia, per essere stabilita, di ulteriori riscontri che coinvolgano una gamma più ampia delle sostanze di norma rilasciate. A tal riguardo è solo possibile fare alcune ulteriori considerazioni sulla distribuzione delle concentrazioni del Ptot evidenziando che il suo massimo relativo risulta per lo più sovrapponibile a quello del Fetot ed anche a quelli di Crtot, Cu, Pb, Zn. Un'ulteriore verifica è consistita nell'esaminare l'eventualità di aree dove è possibile riconoscere un apporto preferenziale di Ntot, utilizzando come descrittore il rapporto TOC/Ntot.

La fig.14 propone la distribuzione dei valori del rapporto. Occorre specificare che il rapporto TOC/Ntot viene solitamente utilizzato (Meyers, 1994, Gulia *et al.*, 2004) per discriminare l'origine della materia organica. Le alghe infatti, a causa dell'elevato contenuto in proteine ed assenza di cellulosa, presentano un rapporto C/N compreso tra 4 e 10, mentre piante vascolari ricche in cellulosa e lignina, hanno un rapporto C/N compreso tra 20 e 35. In pratica è possibile discriminare a grande scala tra un origine "terrestre" (alloctona) ed una "acquatica" (autoctona) della materia organica. I campioni di sedimento superficiale prelevati, presentando un rapporto TOC/Ntot medio pari a 6,5 (compreso tra 4 e 8), suggeriscono un'origine prevalentemente autoctona della materia organica presente nei sedimenti superficiali. D'altra parte è possibile osservare che, tranne nell'area compresa tra S.Arcangelo, S.Feliciano e l'Isola Polvese, la distribuzione dei massimi e dei minimi relativi del TOC/Ntot dipende essenzialmente da quella delle concentrazioni di Ntot relativamente basse, in un contesto di concentrazioni del TOC più omogeneo.

Bisogna inoltre considerare che alcuni fattori (granulometria e tipo di vegetazione) possono influenzare tale rapporto. Per quanto riguarda la granulometria occorre considerare che il rapporto TOC/Ntot nei sedimenti fini tende ad essere più basso rispetto a quelli con granulometria maggiore (Keil *et al.*, 1994). I sedimenti fini, infatti, contenendo una maggiore frazione di minerali argillosi, tendono ad adsorbire ioni ammonio, determinando di conseguenza un abbassamento del rapporto (Meyers, 1997). Non disponendo di dati granulometrici relativi ai campioni analizzati, non può essere esclusa questa possibilità. Allo stesso modo occorrerà considerare che il rapporto TOC/Ntot può essere alterato dalla decomposizione della sostanza organica, anche in relazione alle condizioni Eh-pH nell'acqua e nel sedimento. D'altra parte la presenza di vegetazione macrofitica con apparato radicale (piante vascolari) si riflette probabilmente in più elevati rapporti TOC/Ntot (Silliman e Schelske, 2003).

8.5 Confronto fra concentrazioni rilevate e standards di qualità

Una valutazione della qualità dei sedimenti superficiali passa necessariamente per il confronto con criteri oggettivi che stabiliscano riferimenti precisi (standards) delle concentrazioni di un'ampia gamma di sostanze. Questo in funzione di una tollerabilità che consideri l'ecosistema nel suo complesso, comprendendo anche l'esposizione umana variamente prodotta. Per tale motivo il confronto è stato effettuato richiamando vari standards di riferimento della

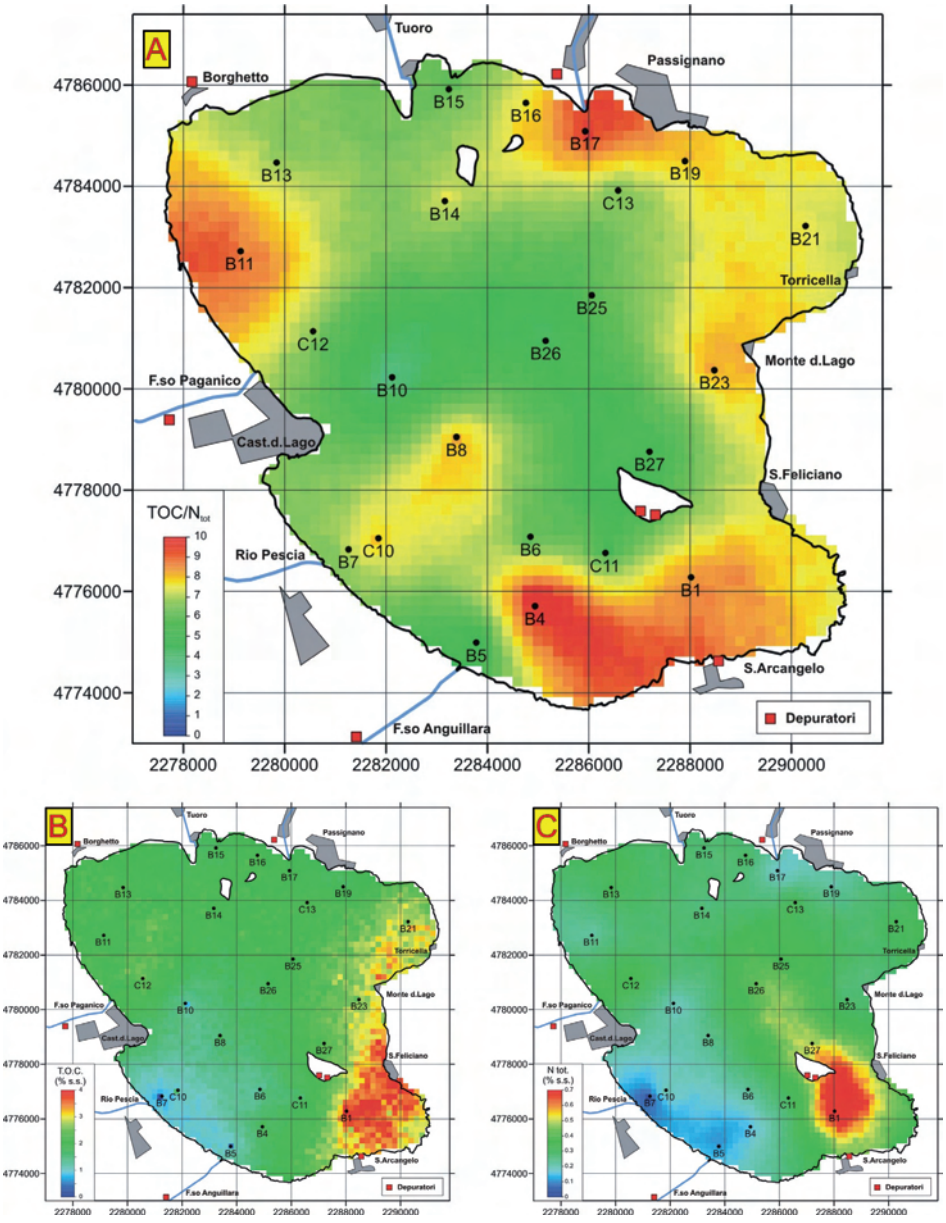


Fig.14:

Distribuzione areale dei valori del rapporto TOC/Ntot nel sedimento superficiale (A) e delle concentrazioni di TOC (B) e di Ntot (C)

qualità ambientale. Tale operazione non è stata di semplice applicazione in quanto, allo stato attuale, risulta assente una specifica normativa di riferimento nazionale per quanto riguarda i livelli di concentrazione nei sedimenti di acque lacustri.

Se tuttavia si prendono in considerazione anche i riferimenti normativi extra-nazionali, è possibile reperire alcuni prodotti, consistenti in linee guida e concentrazioni-soglia, proposti in altri stati (per esempio USA, Canada), elaborati da Agenzie per la tutela ambientale ed enti di ricerca, riferiti a vari ambienti sedimentari (sub-aerei, fluviali, lacustri e transizionali-costieri) e creati seguendo differenti metodologie e criteri (per esempio sulla base del "tipo" di recettore).

In tab.5 vengono proposti i dati statistici relativi ai 23 campioni di sedimenti superficiali (n.4 carote nell'intervallo 0-5 cm e n.19 bennate) e i gli standards qualitativi di riferimento costituiti da:

- **Livelli Chimici di Riferimento (LCR)**, recentemente proposti da APAT (2008) per sedimenti fluviali ("Proposta Fiumi Saline-Alento") e desunti dai limiti proposti nella tabella "Standard di qualità dei sedimenti di acque marino-costiere, lagune e stagni costieri" del DM 367/03. I livelli chimici di riferimento non sito-specifici e non sono direttamente correlabili con l'ecotossicità del sedimento, per la cui determinazione sono necessarie indagini ecotossicologiche sito specifiche.
- **SQGs, Sediment Quality Guidelines.** Le concentrazioni guida per i sedimenti in acque dolci (SQG) sono state proposte da numerosi lavori effettuati da agenzie ed enti di ricerca, utilizzando diversi approcci e tipi di recettori. Per compensare le incertezze derivanti dai diversi approcci, MacDonald *et al.* (2000) hanno sviluppato dei *consensus-based* SQG, rappresentati dalla media geometrica dei diversi metodi. Mediante questo approccio vengono quindi forniti due valori guida (TEC-*Threshold Effect Concentration*; PEC-*Probable Effect Concentration*) che suddividono le concentrazioni di uno specifico contaminate in tre diversi range (≤TEC, TEC<concentrazione<PEC e ≥PEC). In particolare si considerano concentrazioni PEC quelle al di sopra delle quali effetti biologici negativi sono frequentemente o sempre attesi e concentrazioni TEC quelle al di sotto della quale effetti negativi sugli organismi bentonici sono raramente attesi (MacDonald *et al.*, 2000). I valori così ottenuti, risultano applicabili ad un gamma relativamente ampia di ambienti in acque interne.
- **Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)** nel suolo e sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare (D.Lgs.152/06-All.5-tab.1-colonna A: siti ad uso verde pubblico e residenziale).

È tuttavia necessario sottolineare che, sia le CSC, sia i LCR, riferiti rispettivamente a suoli a specifica destinazione d'uso e a sedimenti in sistemi fluviali, sono, specialmente per quanto riguarda i suoli, soggetti a dinamiche e processi chimico-fisici diversi da quelli degli ambienti lacustri. Inoltre, si evidenzia che l'introduzione delle CSC come termine di riferimento ha il senso di allargare il target (in fin dei conti diretto ed esclusivo) dall'ecosistema lacustre all'eventuale esposizione umana (in ambiente subaereo).

Dal confronto con gli LCR emergono due dati importanti:

Tabella 5 – Confronto tra concentrazioni rilevate nel lago Trasimeno e standards di qualità

Parametro	*conc. mediana*	*conc. max*	*LCR*	*CSC*	*TEC*	*PEC*	*% > LCR*	*% > CSC*	*% < TEC*	*% > PEC*
As	8.8	17	13	20	9.79	33	9	0	61	0
Cd	-	0.2	0.5	2	0.99	4.98	0	0	100	0
Cr tot	75	101	47	150	43.4	111	83	0	17	0
Cr (VI)	-	<0.5	5	2	-	-	0	0	-	-
Fe	30800	42300	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	670	12800	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	0.115	0.25	0.4	1	0.18	1.06	0	0	83	0
Ni	50	70	56	120	22.7	48.6	39	0	4	61
Pb	22	30	41	100	35.8	128	0	0	100	0
Cu	23	32	-	120	31.6	149	-	0	96	0
Se	3.6	5.3	-	3	-	-	-	74	-	-
Zn	62	96	-	150	121	459	-	0	100	0
IPA totali***	-	0.03	-	10	1.6	22.8	-	0	100	0
Benzo(a)antracene	-	0.002	-	0.5	0.108	1.05	-	0	100	0
Benzo(a)pirene	-	0.002	0.01	0.1	0.15	1.45	0	0	100	0
Benzo(b)fluorantene	-	0.02	0.012	0.5	-	-	5	0	-	-
Benzo(g,h,i)perilene	-	0.001	0.025	0.1	-	-	0	0	-	-
Benzo(k)fluorantene	-	0.001	0.012	0.5	-	-	0	0	-	-
Crysene	-	0.003	-	5	0.166	1.29	-	0	100	0
Dibenzo(a,h)antracene	-	0	-	0.1	0.033	-	-	0	100	-
Fluorantene	-	0.005	0.011	-	0.423	2.23	0	-	100	0
Indenopirene	-	0.001	0.035	0.1	-	-	0	0	-	-
Pirene	-	0.003	-	5	0.195	1.52	-	0	100	0
Alaclor	-	< 0.01	-	0.01	-	-	-	0	-	-
Aldrin	-	< 0.01	-	0.01	-	-	-	0	-	-
∑ DDD, DDT	-	< 0.01	-	0.01	0.00528	0.572	-	0	100	0
Dieldrin*	-	< 0.01	0.0001	0.01	0.0019	0.0618	-	0	-	0
Endrin*	-	< 0.01	-	0.01	0.00222	0.207	-	0	-	0
Lindano (γ-esaclorocicloesano)*	-	< 0.01	0.00005	0.01	-	-	-	0	-	-
EsacloroBenzene*	-	< 0.01	0.0018	0.05	-	-	-	0	-	-
Eptacloro	-	< 0.01	-	-	-	-	-	-	-	-
Eptacloroepossido*	-	< 0.01	-	-	0.00247	0.016	-	-	-	0
α ß Endosulfan	-	< 0.01	-	-	-	-	-	-	-	-
∑PCB**	0.00075	<0.006	0.0029	0.06	0.0598	0.676	-	0	100	0

Note:
- Totale di 23 campioni considerati per metalli (escluso Hg) e PCB, 20 campioni per IPA e Hg.
- Tutte le concentrazioni sono espresse in mg/kg s.s.
- * per questi parametri il limite di detezione risulta superiore alla concentrazione TEC o LCR.
- ** la media per ∑PCB è stata calcolata considerando i valori delle concentrazioni rilevate.
- *** per gli IPA sono indicate le concentrazioni rilevate (tutte inferiori al limite di detezione, ad eccezione di un solo caso per il Benzo(b)fluorantene)

- L'83% dei campioni evidenzia il superamento del LCR per il Crtot. Le concentrazioni tuttavia evidenziano un valore massimo di 17 mg/Kg s.s., di poco superiore a quello del LCR (13 mg/Kg s.s.).
- Il 39% dei campioni evidenzia il superamento del LCR per il Ni. In questo caso il dato importante è che il valore della mediana delle concentrazioni (50 mg/Kg s.s.) è di poco inferiore al LCR (56 mg/Kg s.s.).

Si segnala inoltre che solo il 9% dei campioni (n.2 campioni) presenta superamenti per l'As e che in un solo campione la concentrazione di Benzo(b)fluorantene risulta maggiore del LCR.

D'altra parte, i campioni propongono, per i singoli analiti, concentrazioni inferiori alla TEC o in toto, o in percentuale elevata (61% As, 83% Hg, 96% Cu e 100% per Cd, Pb e Zn).

Nel caso del Cr, infine, anche se nessun campione manifesta superamenti del PEC, si registra che solo in pochi campioni le concentrazioni risultano inferiori alla TEC (17%) e che la mediana delle concentrazioni propone una valore intermedio fra TEC e PEC. Ciò ovviamente significa che solo pochi campioni manifestano concentrazioni per le quali è possibile considerare improbabili gli effetti nocivi sugli organismi bentonici.

Per quanto riguarda i contaminanti organici, il confronto con i valori SQG evidenzia come tutti i campioni presentano concentrazioni inferiori alla TEC. È necessario tuttavia evidenziare che i limiti di detezione di Dieldrin, Endrin e Eptacloroepossido, risultano superiori alle rispettive concentrazioni TEC e ciò determina l'impossibilità di effettuare una valutazione certa circa gli effetti ecologici di tali sostanze sul bentos.

È possibile concludere che LCR e SQG evidenziano alcune "criticità" per i livelli di concentrazione dei metalli ed in particolare per il Ni e il Cr e, in maniera minore, per l'As.

Dal confronto con le CSC dettate dal D.Lgs. 152/06, si nota che tutti i parametri (inorganici e organici) risultano al di sotto delle CSC, con la sola eccezione del Se, per il quale il superamento della concentrazione soglia riguarda il 74% dei campioni. Tale superamento è tuttavia limitato per molti campioni, essendo il valore della mediana del dataset di poco superiore alla concentrazione soglia.

Come già detto precedentemente, gli LCR sono uno standard qualitativo difficilmente proponibile per i sedimenti lacustri, in quanto gli ambienti fluviali (specialmente se si considerano tutte le tipologie) costituiscono un sistema di sedimentazione in genere molto diverso da un lago laminare con le caratteristiche del Trasimeno.

Più pertinente è sicuramente il confronto con i valori SQG per i quali risulta immediatamente evidente che nel solo caso del Ni si ha un superamento delle concentrazioni PEC. Il dato tuttavia è importante, per l'elevata percentuale di campioni (61%) che propongono il superamento della PEC e per un valore della mediana del dataset caratterizzato da concentrazioni doppie rispetto alla TEC.

Oltre all'approccio basato sul confronto con standards di qualità, è stato tentata anche una valutazione statistica. A tal proposito sono stati cercati valori di concentrazione che costituissero un riferimento della situazione in un'area geografica ampia. Oltre alle concentrazioni medie e mediane rilevate nei sedimenti superficiali del lago Trasimeno, la tab.6 propone dati relativi a un campione significativo di laghi europei e, per un confronto puramente qualitativo, sono riportate anche le concentrazioni di alcuni elementi nei suoli. Occorre specificare che i dati proposti derivano da materiale bibliografico proposto da vari autori. in studi ritenuti tra i più significativi e che esiste sull'argomento una letteratura più ampia di quella proposta, la quale evidenzia spesso dati che si dispongono in un range di valori più ampio di quello esposto in tabella.

Relativamente ai valori della media e della mediana per tutti i parametri analizzati nei sedimenti del lago Trasimeno, si evidenzia che questi sono molto simili tra loro, con la sola eccezione del Mn per il quale la presenza di due campioni con elevata concentrazione (>10.000 mg/kg) determina un forte scostamento della media dalla mediana. Se il confronto è limitato dai valori della mediana (meno influenzati da valori estremi) si può osservare che il lago Trasimeno presenta concentrazioni leggermente inferiori a quelle del campione dei vari laghi euro-

pei. Solo per Cr e Fe le mediane del lago Trasimeno risultano superiori, anche se comunque inferiori alla media. Per il Ctot al contrario, i valori proposti dai sedimenti del lago Trasimeno risultano enormemente più elevati rispetto a quelli proposti dal campione dei laghi europei. La differenza è talmente grande che, se si considera il valore massimo, questo è di un ordine di grandezza più grande del valore della media europea. Tale circostanza è tuttavia tutt'altro che anomala in quanto rispetto al campione dei laghi considerati il lago Trasimeno costituisce una realtà particolare, caratterizzata da uno spessore modestissimo della colonna d'acqua e da un'intensa attività biologica che determina un'elevata concentrazione di "nutrienti" a loro volta responsabili di uno stato trofico che non rappresenta la realtà media dei bacini lacustri continentali.

Il confronto con le concentrazioni nei suoli, allo stesso modo del confronto con le CSC, ha il senso di produrre una valutazione qualitativa riguardo all'esposizione umana, diretta e indiretta (specialmente nel caso dei suoli coltivati).

Il confronto denota innanzitutto che, ad eccezione di Ni, Se e Ntot, gli analiti ricercati propongono concentrazioni inferiori al limite superiore del range individuato da De Vivo *et al.* (2004). Solo i valori massimi del dataset eccedono sensibilmente il limite superiore del range, specialmente per Cr, Ni, Hg e Mn (per As e Zn il superamento è modesto). Per il Ni occorre tuttavia specificare che media e mediana delle concentrazioni nel lago Trasimeno, pur eccedendo il range proposto da De Vivo *et al.* (2004), sono assolutamente in linea con la concentrazione proposta da Bowen (1979).

Tabella 6 – Confronto tra concentrazioni rilevate nel lago Trasimeno e concentrazioni nei laghi europei e nei suoli

Parametro	*sedimenti lago Trasimeno*			*suoli coltivati (a)*	*suoli non-coltivati (a)*	*suoli (b)*	*sedimenti laghi Europei (c)*	
	mediana	media	max	range	range	mediana	mediana	media
As	8.8	9.0	17	5.5-12	6.7-13	-	-	-
Cd	-	-	0.2	-	0.1-0.7	0.35	0.53	2.41
Cr tot	75	71.7	101	15-70	11-78	70	61	142
Cr (VI)	-	-	<0.5	-	-	-	-	-
Fe	30800	30004	42300	14000-28000	4700-43000	40000	25400	33300
Mn	670	1566	12800	990-7400	60-1100	1000	838	2336
Hg	0.115	0.118	0.25	0.03-0.069	0.045-0.16	0.06	0.64	1.07
Ni	50	49.0	70	1.8-18	4.4-23	50	68	66
Pb	22	20.6	30	2.6-27	2.6-25	35	33	135
Cu	23	22.3	32	9.9-39	8.7-33	30	37	96
Se	3.6	3.6	5.3	0.28-0.74	0.27-0.73	-	-	-
Zn	62	59.1	96	37-68	25-67	90	169	1082
N tot	2900	2850	7000	-	-	2000	6700	8800
P tot	300	330	520	-	-	800	1500	2355
C tot	28000	30200	95000	-	-	-	5730	7850
TOC	19000	19780	59000	-	-	-	-	-

Note: (a) De Vivo et al., 2004, (b) Bowen, 1979, (c) Baudo e Muntau, 1986.
Tutte le concentrazioni sono espresse in mg/kg s.s.

8.6 Conclusioni

La distribuzione areale delle concentrazioni dei metalli e dei microinquinanti nei sedimenti superficiali ha evidenziato la stretta relazione fra metalli e particelle fini del sedimento, nonché caratteristiche tali da suggerire, soprattutto nell'area compresa tra Tuoro, Passignano e Isola Maggiore (e anche quella prospiciente lo sbocco del Fosso Paganico), che i massimi relativi di concentrazione siano imputabili non solo alla distribuzione granulometrica dei sedimenti ma anche ad un apporto esterno (potenzialmente riconducibile sia ad apporti naturali, che antropici). Rispetto alle distribuzioni spaziali dei microinquinanti (IPA, PCB e pesticidi organo-clorurati), si sottolinea che le concentrazioni sono risultate pressoché totalmente inferiori al limite di detezione. Il limite dell'analisi effettuata risiede nella stagionalità dei dati, i quali evidenziano la necessità di completare il set con ulteriori osservazioni da effettuarsi in periodi stagionali diversi, ciascuno caratterizzabile per particolari criticità.

La valutazione della "qualità" dei sedimenti superficiali è stata basata sulla concentrazione di metalli, nutrienti e microinquinanti nel sedimento, attraverso un confronto con standards elaborati sia in ambito nazionale, che internazionale. Dal confronto con gli standards di qualità LCR e SQG è possibile evidenziare alcune "criticità" per i livelli di concentrazione dei metalli ed in particolare per il Ni e il Cr e, in maniera minore, per l'As.

Dal confronto con standards legati all'esposizione umana in "ambito subaereo" (dovuta alla rimozione del sedimento ed alla sua "riutilizzazione" – le Concentrazioni Soglia di Contaminazione – CSC – dettate dal D.Lgs. 152/06), si nota che tutti i parametri (inorganici e organici) risultano al dì sotto delle CSC, con la sola eccezione del Se, per il quale il superamento della concentrazione soglia riguarda il 74% dei campioni. Se tuttavia si considera il valore della mediana del dataset, per molti campioni il superamento è molto contenuto, risultando di poco superiore alla concentrazione soglia.

Il confronto statistico fra i valori della mediana delle concentrazioni dei metalli nel Lago Trasimeno e un campione di laghi europei, consente di osservare che il Trasimeno presenta concentrazioni leggermente inferiori a quelle del campione. Solo per Cr e Fe i valori della mediana risultano superiori, anche se comunque inferiori ai valori medi del campione. Per il Ctot, al contrario, i valori proposti dai sedimenti del Trasimeno risultano molto più elevati (di un ordine di grandezza, se si considera il valore massimo) rispetto a quelli proposti dal campione. Tale circostanza è tuttavia tutt'altro che anomala in quanto, rispetto al campione dei laghi considerati, il Trasimeno costituisce una realtà particolare, caratterizzata da uno spessore modestissimo della colonna d'acqua e da un'intensa attività biologica che determina un'elevata concentrazione di "nutrienti" a loro volta responsabili di uno stato ipertrofico che non ritrae la realtà più rappresentata dai bacini lacustri continentali.

Ringraziamenti

Si ringrazia il personale Arpa Umbria e ISMAR-CNR di Bologna coinvolto nelle fasi di campionamento e nelle analisi di laboratorio.

Bibliografia e testi consultati

Accornero, M., Pittaluga, S. e Vetuschi Zuccolini, M. (2008) - *Mappatura su base probabilistica di dati composizionali relativi ad elementi in traccia nei sedimenti fluviali del Foglio Muravera: analisi spaziale e simulazioni stocastiche sequenziali*. In: GEOBASI Il Foglio IGMI N°549-Muravera, G. Ottonello ed., 315 pp.

APAT (2008) - *Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse nazionale Fiumi Saline ed Alento*, 22 pp.

Baudo, R. e Muntau, H. (1986) - *Selection of a freshwater sediment for the preparation of a reference material*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 44, 253-297.

Bowen, H.J.M. (1979) - *Environmental chemistry of the elements*. Academic Press, London, 333 pp.

Cardellini, C., Chiodini, G., e Frondini, F. (2003) - *Application of stochastic simulation to CO2 flux from soil: Mapping and quantification of gas release*, J.Geophys.Res., 108 B(9), 3,1-3,13.

Castellani M., Dragoni W., Setti M., Vinti G. (2005) – *Preliminary results of a research on sediments of Lake Trasimeno*, Convegno Geoitalia 2005, Quinto Forum Italiano di Scienze della Terra, Spoleto 21 - 23 settembre 2005, Books of Abstracts. EPITOME, pag. 269.

Cinnirella, S., Buttafuoco, G. e Pirrone, N. (2005) - *Stochastic analysis to asses the spatial distribution of groundwater nitrate concentrations in the Po catchment* (Italy). Environmental Pollution, 133, 569-580.

Deutsch, C.V., and A.G. Journel (1998) - *GSLIB: Geostatistical Software Library and Users Guide*, 369 pp., Oxford Univ. Press, New York.

De Vivo, B., Lima, A. e Siegel, R.F. (2004) - *Geochimica ambientale-Metalli potenzialmente tossici*, Liguori Ed., Napoli, 449 pp.

Fortin, D., Leppard, G.T. e Tessier, A. (1993) - *Characteristics of lacustrine diagenetic iron oxyhydroxides*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57, 4391-4404.

Goovaerts, P. (1997) _ *Geostatistics for Natural Resources Evalutation*, Oxford Univ. Press, New York.

Goovaerts, P. (2001) - *Geostatistical modelling of uncertainity in soil science*, Geoderma, 103 (1-2), 3-26.

Gulia, L., Guidi, M., Bonadonna, F.P. e Macera, P. (2004) _ *A preliminary geochemical study of two cores from Massaciuccoli eutrophic lake, Northern Tuscany, and paleoclimatic implications*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 109, 97-102.

Hamilton-Taylor, J., Giusti, L., Davison, W., Tych, W. E Hewitt, C.N. (1995) - *Sorption of trace metals (Cu, Pb, Zn) by suspended lake particles in artificial (0.005M NaNO3) and natural (Easthaite Water) freashwater*. Colloids and surfaces A: Physicochemical and engineering aspects. 120, 205-219.

Horowitz, A.J. e Elrick, K.A. (1988) - *Interpretation of bed sediment trace metal data: methods of dealing with the grain size effect.* In: Lichetenberg, J.J., Winter, J.A., Fradkin, L. (eds) Chemical and biological characterization of sludges, sediments, dredge spoils and drilling muds, American Society for Testing and Materials, pp 114-128.

ISMAR-CNR, Regione dell'Umbria, UNIPG, UNIPI, Coastal Consulting Exploration, (2005) - *Rilievo geofisico del Lago Trasimeno per la realizzazione del Foglio Geologico scala 1:50000 N.°310 Passignano sul Trasimeno*. Progetto CARG-RELAZIONE Finale, 49 pp.

Keil, R.G., Tsamakis, E., Fuh, C.B., Giddings, J.C. e Hedges, J.I. (1994) - *Mineralogic and textural control on the organic composition of coastal marine sediments.* Hydrodynamic separation using SPLITT-fractionation. Geochimica et Cosmochimica Acta, 58, 879-893.

MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G. e Berger, T.A. (2000). *Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystem.* Arch. Environ. Contam. Toxicol., vol.39, 20-31.

Meyers, P.A. (1994) - *Preservation of elemental and isotopic and source identification of sedimentary organic matter.* Chemical Geology, 144, 289-302.

Meyers, P.A. (1997) - *Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes.* Org. Geochem., 27 (5/6), 213-250.

Miller, J.R. e Orbock-Miller, S.M. (2007) - *Contaminated Rivers.* Springer, 418 pp.

Oliver, B. (1973) - *Heavy metal levels of Ottawa and Rideau River sediment*. Environmental Science and Technology, 7, 135-137.

Rautman, C.A., e J.D. Istok (1996) _ *Probabilistic assessment of groundwater contamination.* 1. Geostatistical framework, Ground Water, 34 (5), 899-909.

Regione dell'Umbria (2004) _ *Piano Regionale per la Bonifica dei Siti Inquinati.*

Silliman, J.E. e Schelske, C.L. (2003) *Saturated hydrocarbons in the sediments of Lake Apopka*, Florida. Organic Geochemistry, 34, 253-260.

Tipping, E. (1981) - *The adsorption of aquatic humic substances by iron oxides.* Geochimica et Cosmochimica Acta, 45, 191-199.

Quarta parte

Il telerilevamento applicato allo studio del lago Trasimeno

Sintesi

Nel capitolo si dà spazio alle tecniche di utilizzo di dati satellitari aerotrasportati per lo studio di alcuni elementi dell'ambiente e del territorio del lago Trasimeno: l'acqua, il comparto di vegetazione acquatica, sia emersa sia sommersa e l'uso e copertura del suolo a scala di bacino.

Il lavoro è frutto della collaborazione tra Arpa Umbria e CNR-IREA di Milano per implementare un sistema di valutazione e mappatura spazio-temporale di alcuni macrodescrittori di qualità dell'acqua del lago Trasimeno e per caratterizzare le praterie di macrofite acquatiche tramite tecniche di telerilevamento.

A tale scopo sono state utilizzate circa 700 immagini satellitari acquisite da sensori ottici con caratteristiche di risoluzione spaziale variabili da pochi metri sino al chilometro. Nelle procedure di elaborazione dei dati ci si è avvalsi di un database di misure in situ comprensivo sia dei dati di monitoraggio di Arpa Umbria sia di dati radiometrici appositamente raccolti.

L'integrazione dei dati satellitari con quelli limnologici, per lo studio delle caratteristiche ottiche delle acque del lago, è risultata buona; i dati hanno evidenziato nelle acque del lago, nel quadriennio 2005-2008, l'eccessiva

Summary

This chapter is dedicated to techniques for using satellite data and aerial photographs in order to study certain environmental features of the Lake Trasimeno area: water, aquatic vegetation, both submerged and emerged, and land use and soil cover in the lake basin.

The work was carried out by Arpa Umbria and the CNR-IREA in Milan who collaborated in order to implement a system of time and space evaluation and mapping of certain macro descriptors for water quality assessment in Lake Trasimeno, to show the development of the lake's phytoplankton population, and to characterize the prairies of aquatic macrophytes and the reed bed through remote sensing techniques.

In order to do this, approximately 700 satellite pictures were taken using optic sensors with a spatial resolution varying from a few metres up to one kilometre. For the data elaboration we used a database of in situ measurements containing both the Arpa Umbria monitoring data and radiometric data gathered expressly.

The combination of satellite data and limnological results worked well in the study of the optical characteristics of the lake water. The results showed an excess of suspended solids and chlorophyll a, and a consequent loss of tran-

presenza di solidi sospesi e di clorofilla "a", con conseguente perdita di trasparenza. L'uso di immagini satellitari ad alta copertura degli intervelli temporali ha permesso di individuare le zone ed i potenziali meccanismi di innesco delle anomalie, riconducibili in molti casi al trasporto solido dal reticolo superficiale ed alle aree oggetto di dragaggio recente.

Il peggioramento delle condizioni di qualità delle acque, individuabile nel predominio del binomio cianobatteri-torbidità, associata alla diminuzione sia degli areali a canneto, sia delle macrofite sommerse, è un campanello d'allarme per la preservazione degli equilibri ecologici del lago. L'analisi di campo e le immagini hanno evidenziato che l'associazione a canneto risente moltissimo dei livelli (problema del taglio in acqua) e della qualità delle acque del lago (regressione dal lato acqua). I dati telerilevati hanno inoltre mostrato come nelle zone colonizzate da macrofite sommerse le acque appaiano mediamente meno torbide e risentano meno della risospensione dei sedimenti.

I risultati sulle dinamiche di copertura/uso del suolo, decisamente contenute, suggeriscono che lo stato di qualità del lago non è dovuta a dinamiche recenti a scala di bacino. I risultati ottenuti risultano invece correlati con i fattori meteo-climatici (rimescolamento dei sedimenti e nutrienti ad opera dei venti, elevate temperature e bassi livelli) che sembrano avere un ruolo predominante nel condizionare la qualità dell'ecosistema Trasimeno.

sparency, in the four year period from 2005-2008.

The use of the satellite images with high coverage of the time intervals enabled identification of the areas and the potential mechanisms triggering anomalies, in many cases ascribable to solid transport from the hydrographic network and to the areas subject to recent dredging.

The worsening of the water quality, evident from the predominance of cyanobacteria and turbidity, associated with the decrease in the reed bed areas and decline in the submerged macrophyte population, are warning signs telling us we need to protect the ecological balance of the lake.

Analysis of the field research and the pictures showed that reed beds are greatly affected by both water level (note the problem of cutting in the water) and water quality (regression from the water side).

The data acquired from remote sensing also showed that in the areas colonised by submerged macrophytes the water generally appears less turbid and is less affected by sediment resuspension.

The results regarding land cover and use, decidedly limited, suggest that the quality of the lake is not due to recent dynamics of the basin.

Meteorological and climatic data (remixing of sediments and nutrients due to wind, high temperatures and low water levels), on the other hand, seem to suggest that these factors are influential and have a predominant role in conditioning the quality of the Lake Trasimeno ecosystem.

9 Il telerilevamento

Mariano Bresciani
Claudia Giardino
Paolo Villa

9.1 Il telerilevamento

Il telerilevamento (*Remote Sensing*) è un approccio integrato multidisciplinare allo studio del territorio e dell'ambiente. Permette di acquisire a distanza informazioni dettagliate sulle caratteristiche qualitative e quantitative di superfici o parti di territorio, e consente di elaborare ipotesi interpretative sul loro stato e sui cambiamenti e i processi dinamici da cui essi sono interessati. L'acquisizione dei dati in telerilevamento avviene attraverso speciali sensori che registrano le informazioni trasportate dall'energia elettromagnetica emessa, riflessa o diffusa dai corpi osservati, riuscendo a rendere "visibili" radiazioni che l'occhio umano non sarebbe altrimenti in grado di percepire. La prospettiva di osservazione cambia in funzione della piattaforma utilizzata (terra, aereo, satellite), infatti, la distanza di osservazione dalla superficie investigata può essere prossima, con rilievi eseguiti ad altezze di pochi metri da terra, o estrema, grazie alle prospettive di osservazione della Terra rese possibili a partire dagli anni settanta dall'impiego dei satelliti che orbitano a distanze variabili tra i 500 e i 35.000 km.

I vantaggi del telerilevamento sono la possibilità di una **visione sinottica**, infatti, la ripresa a distanza offre una prospettiva di riprendere estese porzioni di territori; **la ripresa multispettrale** che permette di estendere la visione a colori dell'uomo che consente di osservare solo una piccola parte del comportamento spettrale degli oggetti che avviene sempre lungo tutto lo spettro elettromagnetico. Il telerilevamento, invece, osserva il comportamento delle superfici in varie porzioni dello spettro.

Infine, il telerilevamento **permette una ripresa multitemporale** che consente di analizzare la stessa scena ad intervalli di tempo diversi e regolari.

Uno degli aspetti più importanti che fanno del telerilevamento uno strumento utile per il monitoraggio dell'ambiente e del territorio è la possibilità di realizzare riprese multiple, ovvero con differenti risoluzioni spaziali, con diverse proprietà spettrali e di acquisire i dati in momenti differenti. Integran-

do insieme i diversi strumenti, sensori e mezzi è possibile compiere un monitoraggio dell'ambiente e del territorio che ne riesca a cogliere tutta la complessità.

Fra gli ambienti che è possibile riconoscere grazie agli strumenti del telerilevamento l'acqua, nei suoi vari stati (gassoso, liquido e solido) riveste senza dubbio un ruolo particolare. Ciò in base al suo specifico comportamento spettrale che contrasta con gli altri elementi del paesaggio al contorno.

L'acqua pura, se osservata in piccola quantità, è un elemento essenzialmente incolore con bassissima riflettività e alta trasmissività nella regione del visibile (per i primi 10-20 metri di spessore, che vengono perciò definiti zona eufotica o di penetrazione della luce). I meccanismi d'interazione tra l'energia elettromagnetica e l'acqua sono complessi e sono dipendenti sia dalle caratteristiche intrinseche dall'acqua, sia da tutto quello che è presente nell'acqua, ma anche dall'interazione della radiazione elettromagnetica con l'atmosfera, dalla rugosità superficiale dovuta alla presenza del moto ondoso.

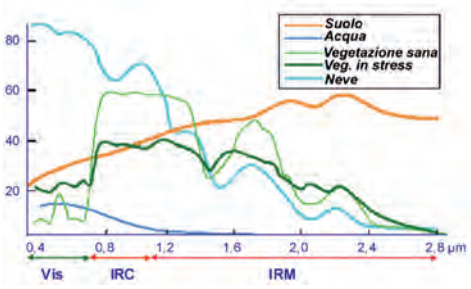


Fig. 1.

Firme spettrali di differenti superfici. Si nota come l'acqua abbia una percentuale di riflessione molto inferiore rispetto a tutte le altre superfici, la componente della radiazione elettromagnetica nelle lunghezze d'onda del vicino infrarosso (IRC) e medio infrarosso (IRM) è completamente assorbita

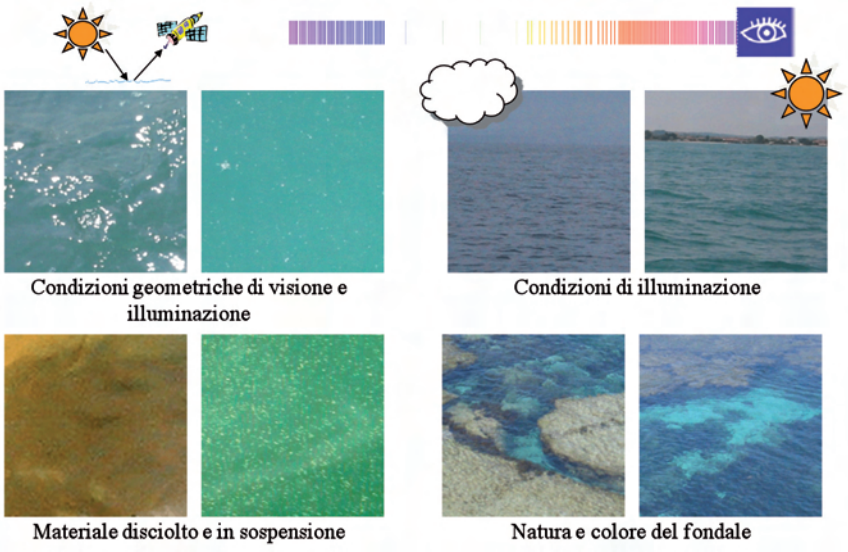


Fig. 2.

Il colore dell'acqua dipende da differenti fattori legati sia alle caratteristiche d'illuminazione e di osservazione, sia alle caratteristiche intrinseche dell'ambiente acquatico considerato

La risposta spettrale dell'acqua cambia con la lunghezza d'onda: l'acqua limpida assorbe principalmente le radiazioni più lunghe del visibile e dell'infrarosso, mentre diffonde le lunghezze d'onda più corte; per questo motivo l'acqua ci appare blu o blu-verde, avendo il valore massimo di trasmissività a 450 nm, nel blu. Usualmente l'acqua in condizioni di purezza, riflette fino a un massimo che può raggiungere il 5% dell'energia incidente, valore che, rispetto alle normali superfici opache, risulta estremamente piccolo. Se invece si potesse osservare uno specchio d'acqua colpito solo da radiazione incidente rossa o infrarossa, esso apparirebbe scuro, poiché tali lunghezze d'onda vengono totalmente assorbite. Quando nell'acqua é presente sedimento sospeso, come ad esempio, nei fiumi in piena, la diffusione aumenta anche per lunghezze d'onda maggiori inducendo una colorazione giallo-rossastra; in presenza di forti concentrazioni saline per lo stesso motivo, la colorazione tende al rosa. Infine, nel caso di corpi idrici poco profondi il colore dell'acqua é determinato anche dal contributo di riflessione del fondale.

9.2 Tecniche di telerilevamento applicate all'indagine ambientale

L'utilizzo delle tecniche di telerilevamento satellitare rappresenta un efficace strumento d'integrazione delle abituali metodologie limnologiche nell'analisi delle dinamiche temporali e spaziali di alcuni parametri di qualità delle acque. Tra gli esempi di sistemi acquatici riportati dalla letteratura scientifica del settore, che ormai si distribuisce su un arco temporale di quasi mezzo secolo, si rinvengono oceani, zone costiere, laghi, fiumi e ambienti di transizione come i delta e le lagune. Gli approcci metodologici sono molteplici (si passa dalle reti neurali alla modellistica fisica), così come gli ambiti applicativi e gli obiettivi (dal monitoraggio di un intero bacino, allo studio di una comunità di macrofite sommerse), ma per tutti i lavori valgono i principi fisici propri del telerilevamento ottico passivo (sono sistemi che utilizzano come sorgente elettromagnetica il Sole, a differenze dei sistemi attivi in cui la sorgente illuminante è artificiale) descritti, tra le altre, dalle leggi dell'ottica e dalle tematiche della radiometria. La tecnologia di base del telerilevamento ottico passivo è costituita da radiometri (strumenti capaci di misurare la radianza riflessa/emessa dalle superfici), abbinati a sistemi ottico-meccanici ed elettronici. La strumentazione, a bordo di piattaforme satellitari in orbita polare o geo-stazionaria oppure avio-trasportata, è così in grado di rilevare la superficie terrestre a distanza, con caratteristiche diverse (es., dimensione del pixel al suolo, tempo di rivisitazione sulla stessa zona, lunghezze d'onda investigate) secondo le finalità per cui il sistema di osservazione della Terra viene progettato.

Numerose pubblicazioni nella letteratura (es. Lindell *et al.*, 1999) illustrano in modo esaustivo come l'energia retrodiffusa dalle zone superficiali (strato eufotico) di un corpo idrico nelle diverse lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico (essenzialmente nella regione del visibile e dell'infrarosso vicino, tra 400 e 900 nm e nell'infrarosso termico, intorno a 10 µm) porti con sé informazioni sui parametri di qualità dell'acqua otticamente attivi. Sono definiti "otticamente attivi" quei parametri che, contribuendo a regolare i processi di assorbimento e diffusione dell'energia elettromagnetica incidente sul mezzo acquatico, possono essere "telerilevabili", ossia osservabili a distanza mediante i

sistemi di Osservazione della Terra. Nel caso specifico della limnologia, le informazioni tele rilevabili, come indicato in differenti pubblicazioni (es. Dekker *et al.*, 2001) sono le seguenti: presenza/assenza di fioriture algali sulla superficie; concentrazione dei pigmenti fotosintetici ed in particolare della clorofilla "a"; concentrazioni del sedimento solido sospeso nelle sue frazioni organiche ed inorganiche; sostanze gialle; coefficiente di attenuazione lungo la colonna d'acqua dell'irradianza incidente; trasparenza dell'acqua; temperatura superficiale e, nel caso di acque basse, batimetria e natura/copertura del fondale.

I parametri ottenibili attraverso le tecniche di telerilevamento rivestono una grande importanza al fine di fornire informazioni indispensabili per la tutela degli ecosistemi acquatici.

Al fine di poter rispondere alla tutela della risorsa acqua che è regolata in Italia dal Decreto Legislativo n°152 dell'11 maggio 1999 e in ambito comunitario dalla direttiva quadro sulle acque dell'Unione Europea Water Framework Directive (Direttiva 2000/60/EC, 2000), le tecniche di telerilevamento sono sempre più utilizzate in tutti i contesti di monitoraggio e di ricerca.

Infatti, entrambi i regolamenti prevedono che siano stabiliti obiettivi di qualità ambientale per i principali corpi idrici e che questi siano raggiunti e mantenuti avvalendosi di una costante opera di monitoraggio, operazione spesso difficile, ad esempio la visione sinottica e la multitemporalità, caratteristiche invece peculiari del telerilevamento.

9.3 I parametri acquatici telerilevabili

Contestualizzati in funzione delle proprietà ottiche e degli studi di telerilevamento, gli ambienti acquatici sono sostanzialmente suddivisi in due differenti gruppi:

- Acque di Caso-1: acque otticamente più semplici, in cui la risposta spettrale è prevalentemente funzione della concentrazione di clorofilla, essendo le altre sostanze co-varianti con il fitoplancton; fanno parte di questo gruppo gli oceani.
- Acque di Caso-2: acque otticamente complesse, in cui le Proprietà Ottiche Apparenti (sono quelle proprietà che dipendono sia dal mezzo sia dalla struttura del campo di luce) sono governate dalla presenza di clorofilla, sedimenti sospesi e sostanze colorate organiche disciolte; fanno parte di questo gruppo le acque interne e le acque marine costiere.

9.3.1 Alghe/clorofilla

Il monitoraggio delle concentrazioni di clorofilla "a" è un'azione molto utile nelle politiche volte agli studi sulla trofia delle acque dolci. La determinazione della clorofilla viene elaborata dalle relazioni che dimostrano come la concentrazione sia correlata a rapporti di riflettanza/radianza in diverse bande dello spettro elettromagnetico, tra cui la regione intorno a 676 nm (caratteristico picco di assorbimento della clorofilla) e a 700 nm (massimo relativo di riflessione) (Brivio *et al.*, 2001). Al fine di poter determinare quantitativamente le concentrazioni di clorofilla è necessario utilizzare sensori con elevata risoluzione radiometrica.

Di notevole rilievo è la determinazione delle fioriture di cianobatteri, data l'importanza che esse rivestono nella qualità di un lago, non ultimo l'impatto sulla balneabilità. I caratteristici picchi di assorbimento di questi organismi, oltre che offrire un generale aumento del segnale quando la fioritura è abbondante su tutta la superficie, permettono di sviluppare algoritmi robusti per identificare la loro presenza da misure di radianza riflessa.

Sensori con bande strette e localizzate in particolari lunghezze (665, 681 e 708 nm) permettono studi sul segnale di fluorescenza.

9.3.2 Sedimenti sospesi

I sedimenti sospesi (TSM), denominati anche SPM (*Suspended Particulate Matter*) sono tra i più comuni fattori che per peso e volume caratterizzano le acque superficiali lacustri e fluviali. La presenza di sedimenti sospesi aumenta il segnale elettromagnetico emergente dalle acque nelle lunghezze d'onda del visibile e dell'infrarosso vicino. Osservazioni effettuate in situ, in laboratorio, da aereo e da satellite, mostrano che la radianza retrodiffusa dalle acque superficiali dipende dal tipo di sedimento, dalla loro tessitura e colore, dalle condizioni di ripresa del sensore, dall'angolo zenitale del sole e dalla profondità della colonna d'acqua.

9.3.3 Le sostanze gialle

Le sostanze gialle (YS), denominate anche CDOM (*Colored Dissolved Organic Matter*) si trovano negli ambienti acquatici a causa di tannini, acidi umidi e fulvici liberati dal degradamento del materiale vegetale. L'aumento delle concentrazioni di CDOM pone gravi problemi per il trattamento dell'acqua potabile, e la clorazione di acqua ricca di CDOM provoca la formazione di livelli inaccettabili di composti organici clorurati cancerogeni. Dal punto di vista ottico hanno un forte assorbimento nelle lunghezze d'onda del blu e dei raggi UV di cui ne condizionano strettamente la possibilità di penetrazione.

9.3.4 Trasparenza

La trasparenza delle acque è un parametro di grande importanza ecologica, la stratificazione verticale dovuta alla possibilità di penetrazione della luce determina, infatti, una forte competizione all'interno delle comunità acquatiche e interferisce sulle condizioni dei bassi fondali. Oltre alle componenti disciolte e sospese nella colonna d'acqua, in precedenza descritti, anche fattori di natura ambientale possono condizionare la penetrazione della luce nella colonna d'acqua e definirne i livelli di trasparenza. Tra questi fattori il principale è il vento che increspando la superficie acquatica può limitare il passaggio della radiazione all'interfaccia aria/acqua.

Tradizionalmente la trasparenza è misurata come la profondità a cui arriva il 90% della luce incidente (z90), quale stima della profondità del disco di Secchi.

9.3.5 Macrofite acquatiche ed elofite

Le macrofite acquatiche e le elofite svolgono un ruolo importante nello strutturare e nel regolare la funzionalità degli ecosistemi acquatici; modulando la circolazione dell'acqua, offrendo riparo, rifugio e cibo per un numero elevatissimo di specie d'indubbio valore conservazioni stico; nel complesso sono capaci di influenzare la qualità delle acque e dei sedimenti superficiali. Le praterie sommerse o emergenti di macrofite sono tra le più diversificate, produttive ed eterogenee porzioni dei corpi idrici (Chambers *et al.*, 2008). L'inaccessibilità di alcune zone così come l'estensione di alcune praterie e il loro evolversi ne rendono spesso dispendioso e oneroso il monitoraggio e la classificazione. Le immagini iperspettrali in particolare, offrono uno strumento versatile per lo studio della vegetazione sommersa e per monitorarne la variazione (Giardino *et al.*, 2007).

9.3.6 Temperatura

Fra le informazioni derivabili con una certa affidabilità mediante telerilevamento, la distribuzione della temperatura superficiale dell'acqua risulta di

estremo interesse per la comprensione delle proprietà ecologiche che caratterizzano i corpi lacustri. Grazie alle riprese telerilevate effettuate nella banda dell'infrarosso termico, è possibile così ottenere delle vere e proprie mappe di temperatura superficiale dei corpi idrici e di seguirne l'evoluzione nel tempo.

9.4 Approcci quantitativi

Generalmente le tecniche di stima dei parametri di qualità dell'acqua si possono effettuare attraverso differenti metodi, come descritto in Giardino (2006):

- *il metodo empirico*: basato sullo sviluppo di relazioni statistiche tra i valori spettrali misurati dal sensore e i parametri caratteristici della qualità dell'acqua, misurati in coincidenza al passaggio del sensore (fig. 3). In quest'ambito l'analisi di regressione utilizza tecniche d'analisi univariata o multivariata, include trasformazioni di variabili e fa riferimento all'utilizzo di singole bande spettrali e/o a loro rapporti;
- *il metodo semi-empirico*: utilizza specifiche regioni degli spettri dell'immagine e richiede la conoscenza delle caratteristiche spettrali delle sostanze otticamente attive indagate nell'acqua, per sviluppare algoritmi per questi componenti;
- *il metodo analitico*: utilizza un criterio fondato su relazioni fisiche attraverso le quali le proprietà ottiche dell'acqua sono associate alla radianza emergente dalla colonna d'acqua, a sua volta rapportata al segnale misurato dal sensore. Questo metodo riguarda l'inversione di tale concatenazione di relazioni per individuare i parametri di qualità dell'acqua a partire dalle immagini (fig. 3). L'inversione del modello bio-ottico può essere effettuato utilizzando differenti tecniche come ad esempio il metodo dei minimi quadrati, le tecniche di ottimizzazione non lineare, le reti neurali e le *Look Up Table* (LUT).

Il metodo analitico offre grandi potenzialità perché a differenza del metodo empirico non richiede osservazioni sincrone al passaggio satellitare per sviluppare le relazioni statistiche tra parametro e dato telerilevato e, a differenza del metodo semi-empirico, presenta una maggiore applicabilità essendo basato su leggi fisiche indipendenti dalle caratteristiche del sensore, dalle condizioni atmosferiche e dagli intervalli di variabilità del parametro. D'altro canto, essendo associato alla modellistica, è affetto da tutte le problematiche legate in generale ai modelli (es. sensibilità, accuratezza dei parametri) e la sua applicabilità dipende fortemente dalla conoscenza delle proprietà ottiche dei bacini oggetto di studio.

Al fine di calibrare/validare i modelli adottati, le attività di ricerca richiedono attività di campo volte alla raccolta di dati che descrivano la "verità" in situ dei bacini oggetto di studio. I dati si distinguono sostanzialmente in due raggruppamenti definiti in base alla disciplina che da sempre li governa: i dati limnologici da una parte (es. analisi chimiche di laboratorio sui campioni d'acqua) e quelli radiometrici dall'altra (es. misura della radianza riflessa da una prateria di macrofite sommerse). Entrambi vanno così a comporre una fondamentale base di dati per l'elaborazione dei dati satellitari e la comprensione delle proprietà ottiche dei bacini studiati.

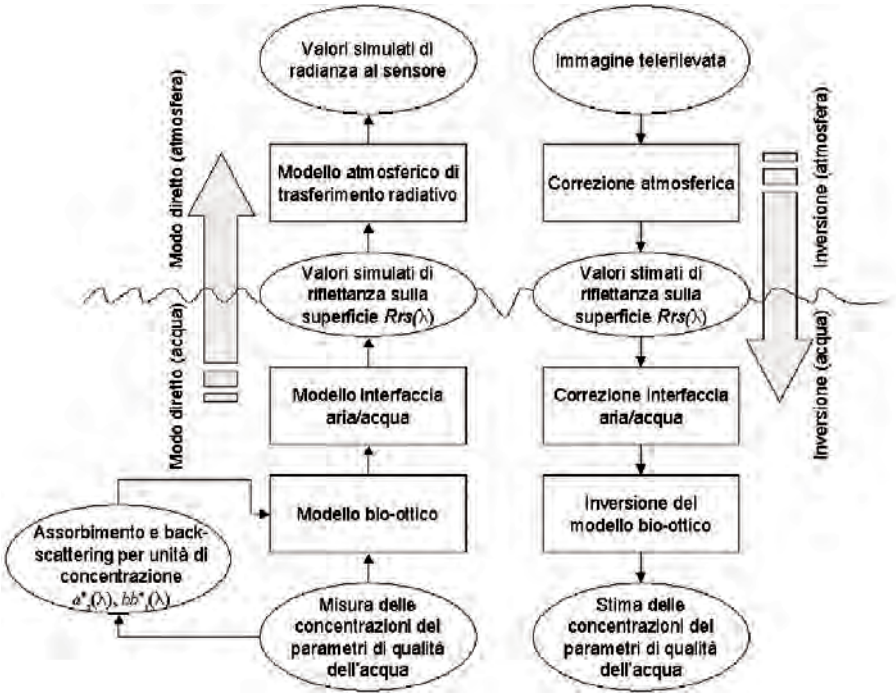


Fig. 3.

In alto diagramma di flusso alla base dell'approccio empirico per la stima dei parametri di qualità dell'acqua. In basso diagramma di flusso alla base dell'approccio analitico per la stima dei parametri di qualità dell'acqua

10 Tecniche di telerilevamento applicato allo studio delle acque del lago Trasimeno

Mariano Bresciani
Claudia Giardino
Paolo Villa

10.1 Introduzione

Gli obiettivi del progetto, nato dalla collaborazione tra CNR-IREA di Milano e Arpa Umbria, di applicazione delle tecniche di telerilevamento per lo studio del lago Trasimeno sono stati:

1. Monitoraggio della qualità delle acque da dati telerilevati attraverso la loro caratterizzazione ottica, la ricostruzione degli algoritmi delle relazioni spazio temporali tra proprietà ottiche inerenti e i parametri chimico-fisici delle acque e la produzione di mappe stagionali di distribuzione dei macrodescrittori di stato, con particolare riguardo all'evoluzione dello stato dell'acqua nella stagione primaverile - estiva in relazione alle condizioni meteo-climatiche.
2. Distribuzione delle macrofite acquatiche attraverso la loro caratterizzazione ottica e la valutazione della distribuzione delle praterie di macrofite.
3. Formazione e divulgazione attraverso la disseminazione dei risultati e delle tecniche di misura sia a livello interno di Arpa sia a livello nazionale e internazionale.

Per lo studio dei parametri di qualità dell'acqua osservabili da dati ottici telerilevati ci si è avvalsi dei sensori MERIS e MODIS, le cui caratteristiche di risoluzione spaziale (rispettivamente di 300 m e 1 km) e temporale (1-2 giorni) permettono di seguire l'evoluzione dei parametri con buone frequenze spaziali e temporali. Le immagini MERIS (circa 120 immagini distribuite tra 2005 e il 2008), sono state acquisite al fine di stimare la concentrazione di clorofilla "a", i solidi sospesi totali, le sostanze gialle e la trasparenza delle acque, i dati MODIS (circa 500 immagini distribuite tra il 2005 e il 2008) sono stati utilizzati per seguire l'evoluzione della temperatura superficiale del lago.

Il sensore MERIS (*Medium Resolution Imaging Spectrometer*), montato sul satellite ENVISAT dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) è uno spettrometro di tipo *pushbroom* (scanner digitali che acquisiscono tramite unità disposte in fila) che misura la radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre in un intervallo spettrale compreso tra 390 e 1040 nm, suddiviso in 15 bande spettrali. Il

sensore MERIS risulta particolarmente idoneo per lo studio delle acque interne e costiere poiché presenta un alto rapporto segnale/rumore, che permette di discriminare e studiare le acque, superficie che per le loro caratteristiche assorbenti tendono a essere difficilmente studiabile da altri sensori a causa del segnale troppo basso e disturbato. Le immagini MERIS sono state distribuite dall'Agenzia Spaziale Europea nell'ambito del progetto AOE-553.

Tabella 1
Caratteristiche del sensore MERIS

Canale Nr.	*Centro di banda [nm]*	*Larghezza di banda [nm]*	*Potenziali Applicazioni*
1	412.5	10	Sostanze umiche disciolte
2	442.5	10	Massimo assorbimento della clorofilla
3	490	10	Sedimenti sospesi
4	510	10	Clorofilla e altri pigmenti
5	560	10	Minimo assorbimento della clorofilla
6	620	10	Sedimenti sospesi
7	665	10	Assorbimento della clorofilla e riferimento per la fluorescenza
8	681.25	7.5	Picco di fluorescenza della clorofilla
9	708.75	10	Riferimento per la fluorescenza, correzione atmosferica
10	753.75	7.5	Vegetazione, nuvole
11	760.625	3.75	Assorbimento dell'ossigeno
12	778.75	15	Correzioni atmosferiche
13	865	20	Vegetazione, riferimento per il vapore acqueo
14	885	10	Correzioni atmosferiche
15	900	10	Vapore acqueo, suolo

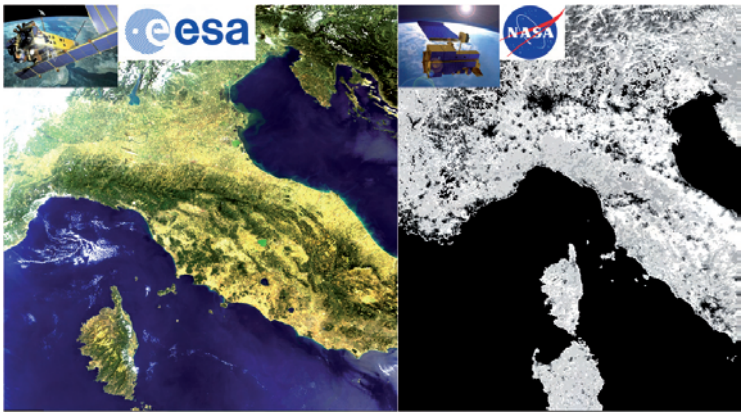


Fig. 4.

A sinistra il satellite ENVISAT-1 dell'ESA su cui è posto il sensore MERIS con rispettiva immagine, a destra il satellite TERRA su cui è posto il sensore MODIS con rispettivo prodotto MOD11A

Il sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) è uno spettroradiometro montato a bordo dei satelliti TERRA e AQUA dell'Agenzia Spaziale America (NASA); nel presente lavoro è stato utilizzato il prodotto Land Surface Temperature (MODIIA), che utilizza la banda dell'infrarosso termico (10,4–12,5 mm) che permette di risalire alla temperatura superficiale.

Per la stima delle concentrazioni dei parametri di qualità dell'acqua dai dati MERIS ci si è avvalsi della modellistica fisica, basata sulle campagne di misure in situ comprensive di misure radiometriche e analisi di laboratorio, di cui quattro condotte nell'estate del 2008 e l'ultima nel maggio 2009. Le campagne hanno permesso la raccolta di dati non solo relativi alla matrice acquosa ma anche allo studio dell'aerosol atmosferico e della vegetazione acquatica.

10.2 Le campagne di misure

In fig. 5 sono riassunte tutte le campagne di misura eseguite nell'anno 2008 sia per la caratterizzazione dell'ambiente acquatico, sia per gli aerosol dell'atmosfera e anche per la vegetazione.

Riguardo il comparto acquatico, i dati in situ hanno permesso di descrivere il comportamento otticamente complesso del lago (fig. 6), di trovare le relazioni tra le concentrazioni dei parametri e le grandezze telerilevabili e di valutare le accuratezze del metodo di processamento delle immagini MERIS. Le relazioni tra le concentrazio-

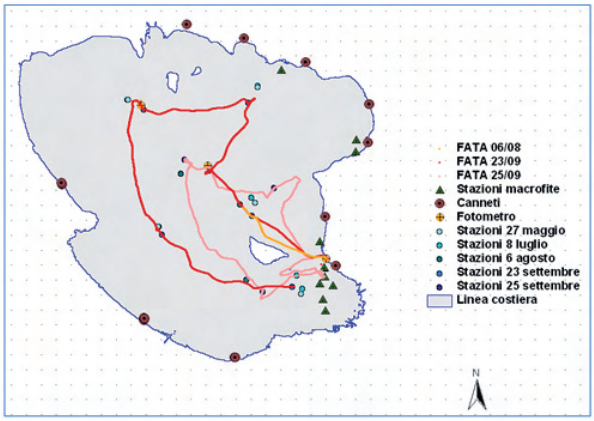


Fig. 5.

Rappresentazione in sistema GIS delle campagne di misura effettuate nel 2008.

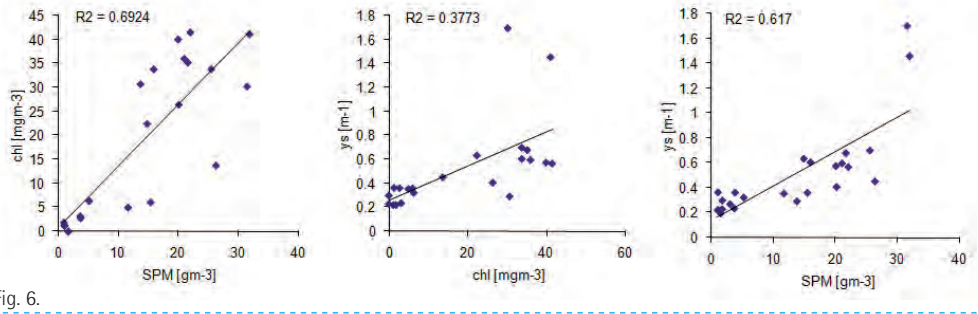


Fig. 6.

Scatterogrammi tra le concentrazioni dei parametri misurati in situ (campagne 2008); la dispersione tra i parametri mostra la complessità ottica del Trasimeno, tipicamente definibile di caso-2 (Morel e Prieur, 1977)

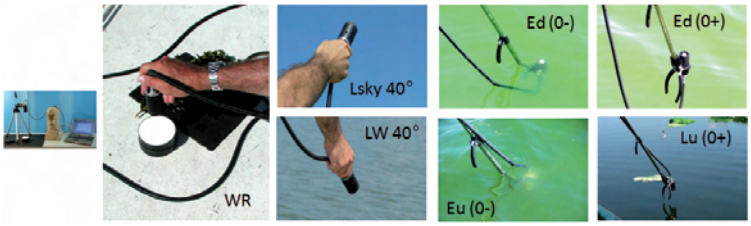


Fig. 7.

Sequenze fotografiche che spiegano le tipologie di misure radiometriche con lo spettroradiometro FieldSpec ASD in ambiente acquatico. Le misure di radianza di un pannello bianco (WR) completante riflettente, e dei valori di radianza del cielo (Lsky 40°) e della superficie acquatica (Lw 40°) sono effettuate (seguendo il protocollo SeaWifs) per la determinazione della Radianza Riflessa sopra la superficie d'acqua (Rrs). Le misure d'irradianza incidente (Ed) ed emergente (Eu-Lu) sopra (0+) e sotto (0-) l'interfaccia aria acqua permettono di determinare la Radianza e la Trasmittanza all'interno della colonna d'acqua

ni dei parametri e le grandezze telerilevabili sono state individuate elaborando i coefficienti di assorbimento di sostanze gialle, fitoplancton e sostanza sospesa di origine non algale (non-algal-particle, nap), misurati dai colleghi del CNR-ISE. Le relazioni tra proprietà ottiche e concentrazioni dei parametri sono risultate in accordo ai valori di letteratura (Babin *et al.*, 2003) e implementati dal processore utilizzato nell'elaborazione dei dati MERIS (pacchetto VISAT-Beam).

Le proprietà ottiche sono risultate caratterizzate da una significativa variabilità spazio-temporale. Periodi di minore trasparenza corrispondono a inizio stagione a elevati carichi di solidi sospesi, mentre nel periodo tardo estivo si mostra preponderante il contenuto fitoplanctonico. In questo periodo gli assorbimenti spettrali mostrano chiaramente il contributo dei cianobatteri.

Le misure radiometriche sono state compiute utilizzando lo spettoradiometro FieldSpec ASD con fibre ottiche acquatiche che permettono la misura delle radianze e irradianze nell'interfaccia aria-acqua e all'interno della colonna d'acqua nell'intervallo spettrale compreso tra i 350 e i 2500 nm (per la componente acquatica risulta sufficiente l'analisi nell'intervallo 400-900 nm). Le misure effettuate seguendo i protocolli internazionali di campionamento hanno permesso di ottenere i valori di *Remote sensing reflectance* (Rrs) assimilabile al valore di riflettanza che viene rilevata dai sensori satellitari.

L'analisi delle firme spettrali acquisite su campo nei differenti mesi di monitoraggio e in diverse stazioni del lago ha permesso di valutare la variabile temporale e spaziale delle acque del lago Trasimeno (fig. 8).

Durante le campagne in situ, sono stati misurati i valori d'irradianza solare diretta in quattro lunghezze d'onda (368, 500, 675 e 778 nm) tramite il fotometro solare EKO MS-120, che in seguito all'applicazione della legge di Bouger-Lambert-Beer hanno permesso

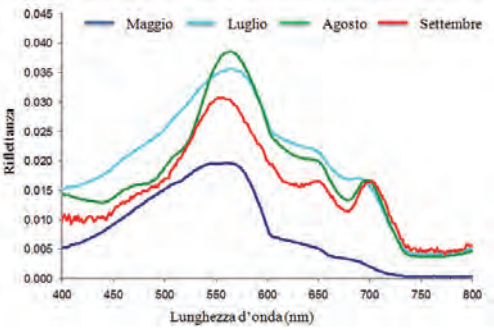


Fig. 8.

Firme spettrali acquisite durante le campagne di misure in situ; si nota la differente risposta spettrale tra il mese di maggio in cui le acque riflettono poca radiazione elettromagnetica perché sono povere di clorofilla e sedimenti sospesi rispetto ai mesi estivi in cui fitoplancton e solidi sospesi riflettono molto di più

di ricavare i dati di *Aerosol Optical Thickness* (AOT), parametro d'input fondamentale per la correzione atmosferica delle immagini satellitari.

Per la validazione dei prodotti ottenuti con le immagini satellitari, oltre alle misure delle concentrazioni dei parametri otticamente attivi, sono stati effettuati

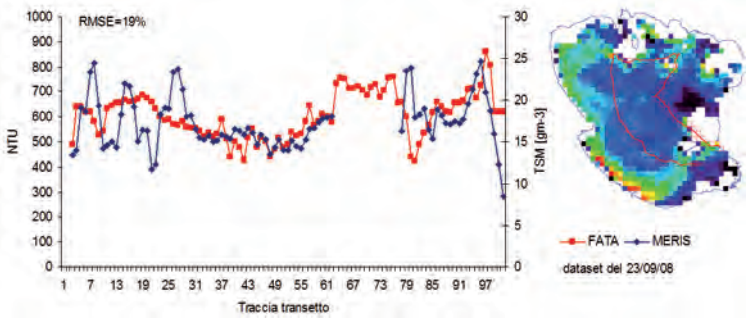


Fig. 9.

Validazione dei dati MERIS rispetto alle misure di campo, confronto tra dati in situ (FATA) e prodotto MERIS di TSM per la scena acquisita il 23 settembre 2009; il confronto è fatto per i pixel MERIS a registro con i dati di campo raccolti lungo un transetto orizzontale

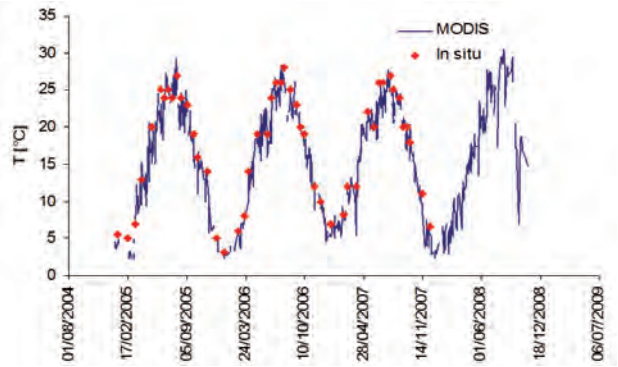


Fig. 10.

Validazione dei dati MODIS rispetto alle misure in situ di temperatura di Arpa Umbria

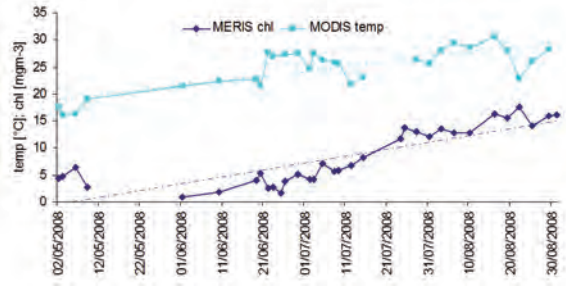


Fig. 11.

Validazione dei prodotti ottenuti da MERIS delle sostanze gialle rispetto alle misure in situ di Arpa Umbria

dei transetti di misura della torbidità con il sistema FATA (*Fluorescence And Turbidity Analyser*) e il data set delle misure di campo di Arpa Umbria.

10.3 Il processamento delle immagini

Le immagini MERIS sono state georeferite nel sistema di riferimento Gauss-Boaga, è stata effettuata la correzione per gli effetti di adiacenza (riflesso provocato dalle porzioni di terra limitrofe all'ambiente acquatico) tramite il *tool* ICOL.

Al fine di giungere a una stima corretta dei parametri di qualità dell'acqua è necessario correggere le immagini per gli effetti dovuti all'interferenza dell'atmosfera nei confronti della radiazione incidente e di quella riflessa dalla superficie investigata, in questo progetto la correzione atmosferica è stata eseguita mediante il programma BEAM-Visat, distribuito gratuitamente dall'ESA per l'elaborazione dei dati Envisat-1, con i dati di Aerosol (AOT) acquisiti durante le campagne di misura.

In seguito alle immagini, tramite il plug-in MERIS-Case2 Regional Processor, è stato applicato l'algoritmo, scelto attraverso le misure in situ in precedenza descritte, per la conversione dei valori di riflettenza delle acque nelle concentrazioni dei parametri otticamente attivi delle acque del lago Trasimeno.

10.4 Risultati

I dati MERIS elaborati in questo studio hanno permesso di ricostruire l'andamento spaziale dei parametri di qualità dell'acqua nel periodo 2005-2008; la fig. 12 mostra gli istogrammi di frequenza dei quattro macrodescrittori derivati dalle immagini MERIS per un'aera pelagica; la tab. 2 riporta i valori medi dei quattro parametri per ciascun anno.

Tabella 2
Valori annuali medi ricavati dai prodotti MERIS per un'area pelagica di centro lago

Anno	*TSM [gm-3]*	*chl [mgm-3]*	*z90 [m]*	*ys [m-1]*
2005	19.1	11.6	-1.2	0.4
2006	15.3	7.9	-1.1	0.3
2007	9.6	5.6	-2.6	0.2
2008	10.5	8.6	-1.7	0.3

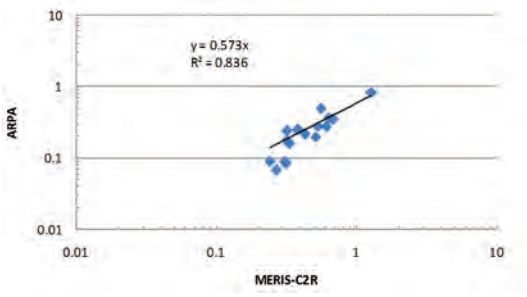


Fig. 12

Istogrammi di frequenza dei quattro macrodescrittori di qualità del Trasimeno ricavati dai dati MERIS nel periodo 2005-2008 (statistiche calcolate su un'area pelagica, in 120 immagini per ciascun prodotto)

10.4.1 Clorofilla

L'analisi della serie multitemporale dei dati MERIS ha evidenziato come le acque del lago Trasimeno abbiano caratteristiche eutrofiche durante il periodo estivo, una delle probabili cause è l'elevata temperatura delle acque che facilita la crescita del fitoplancton, come evidenziato nella fig. 13. Un'altra motivazione delle condizioni eutrofiche nel periodo estivo sono le basse profondità delle acque; si è potuto valutare che quando il livello delle acque scende al di sotto dei 120 cm sullo zero idrometrico, le concentrazioni di clorofilla sono sempre superiori ai 10 mg/m^3.

A questi due importanti fattori bisogna aggiungere anche l'elevato apporto di nutrienti e il continuo rimescolamento dovuto ai venti locali che rendono le concentrazioni di clorofilla sempre elevate. Questi fattori fanno si che anche nei periodi invernali e primaverili, lo stato trofico delle acque sia sempre abbastanza elevato (mesotrofico).

Negli anni 2005 e 2008 le situazioni di elevata trofia hanno registrato maggiori frequenze, in particolare il periodo peggiore si è osservato nel bimestre agosto-settembre 2008 (fig. 14).

A livello zonale, quando le acque sono eutrofiche, non si notano particolari disomogeneità spaziali, viceversa per concentrazioni più basse il parametro assume valori maggiori nelle zone costiere in particolare nella area di Castiglione del lago.

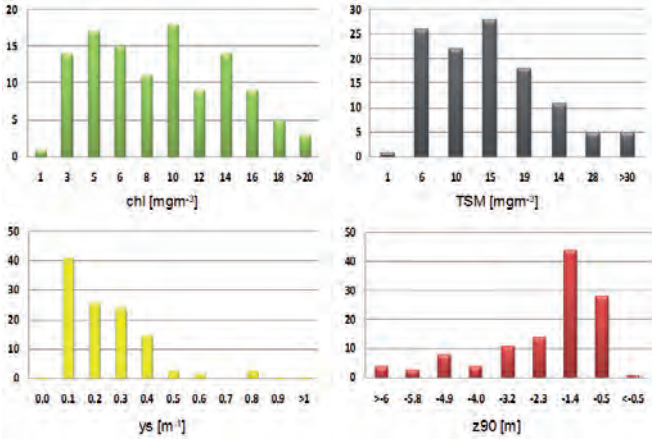


Fig. 13.

Similitudine tra temperatura e clorofilla durante la stagione estiva (2008) dove entrambi i parametri tendono ad aumentare

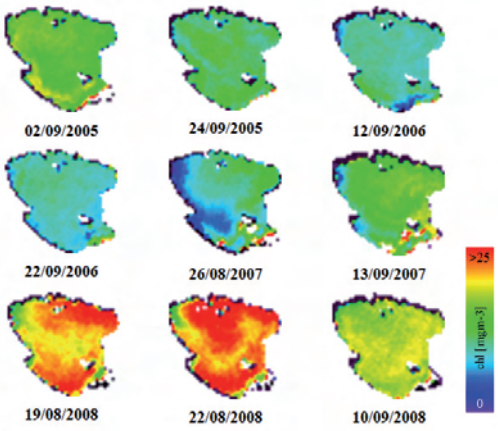


Fig. 14.

Mappe di clorofilla nei periodi eutrofici del lago per i quattro anni di studio; si nota come il 2008 sia caratterizzato da valori più elevati

10.4.2 I cianobatteri

Nell'ultimo decennio la componente fitoplanctonica dei laghi è profondamente cambiata a seguito d'intense fioriture di cianobatteri che sono divenute un'entità preoccupante, ed hanno coinvolto non solo quei laghi che per caratteristiche morfologiche sono facilmente soggetti a fenomeni eutrofici e distrofici, ma anche laghi profondi tendenzialmente oligotrofici come quelli subalpini italiani. Le fioriture possono raggiungere concentrazioni ed estensioni elevatissime e nel caso di produzione di tossine queste possono anche essere letali per uomini e animali.

I cianobatteri sono organismi primitivi intermedi tra i batteri e gli organismi fitoplanctonici che assorbono differenti lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico; questa caratteristica li rende più efficienti e permette a differenti specie di coesistere in uno stesso habitat. Questi pigmenti (ficocianina e ficoeritrina) assorbono in un intervallo spettrale (500-650 nm) raramente utilizzato da altre specie fitoplanctoniche, il picco di assorbimento tipico è attorno ai 650 nm (Gons *et al.*, 1999) con un flesso tipico compreso tra i 627 e i 635 nm (Gons *et al.*, 2005). Sulla base di queste caratteristiche, è possibile rilevare l'estensione d'intense *bloom* di cianobatteri (Kutser *et al.*, 2008).

Data l'importanza che negli ultimi anni i cianobatteri rivestono nelle comunità fitoplanctoniche del Trasimeno, si è valutata la possibilità di discriminarne la presenza dalle immagini MERIS. In accordo ai lavori di letteratura (Kutser *et al.*, 2006) è, infatti, emerso che quando sono presenti in abbondanti quantità è possibile identificarli qualitativamente anche da satellite.

Come prima operazione è risultato fondamentale valutare la risposta spettrale di questi organismi dalle misure radiometriche di campo (fig. 15) e successivamente mappare la loro distribuzione nel lago.

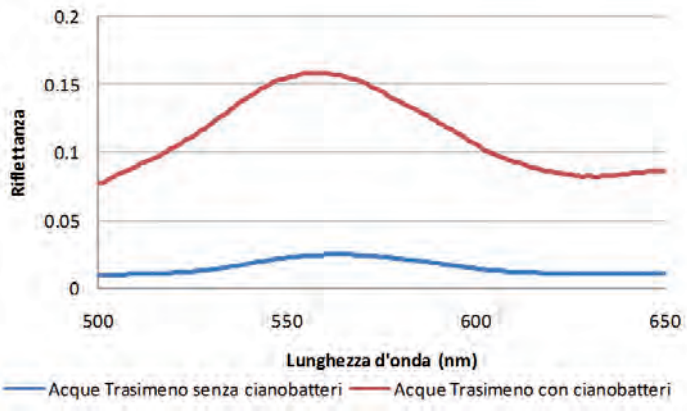


Fig. 15.

Confronto di firme spettrali nell'intervallo spettrale (500-650 nm) utilizzato dai cianobatteri. Si può notare come la loro presenza determini un profondo cambiamento nella risposta spettrale delle acque del lago

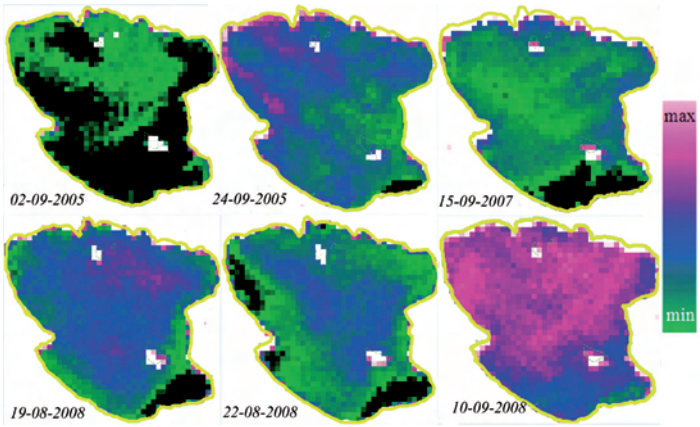


Fig. 16.
Mappe di cianobatteri ottenute con l'algoritmo di Kutser et al. (2006) secondo una scala qualitativa

Durante le stagioni estive, le elevate concentrazioni di clorofilla presenti nelle acque del lago hanno permesso di applicare gli algoritmi di determinazione dei cianobatteri. Al fine di applicare questi algoritmi le immagini sono state corrette atmosfericamente attraverso il codice di simulazione 6S e successivamente dopo avere determinato la concentrazione di clorofilla si è potuto determinare a livello qualitativo la distribuzione dei cianobatteri nel lago. In fig. 16 sono visibili le mappe prodotte, si può notare che le concentrazioni maggiori di cianobatteri si sono registrate nel 2008.

I cianobatteri presenti nel lago Trasimeno non hanno portato a fenomeni di formazione di schiume, tipico di alcune specie.

10.4.3 Trasparenza

L'analisi delle serie multi temporale, visibile in fig. 17, dei dati MERIS ha mostrato come la trasparenza (stimata dal parametro che indica la profondità alla quale penetra il 90% della luce disponibile, z90) delle acque del lago sia mediamente molto ridotta con valori che si attestano intorno a 150 cm e condizioni di massimi negativi osservate nei periodi estivi ed autunnali. Il confronto tra i valori medi primaverili (270 cm) e quelli autunnali (90 cm) ha evidenziato una riduzione di un terzo della trasparenza. Considerando l'intero quadriennio di dati, lo studio ha indicato il 2007 come anno di maggiore trasparenza (210 cm) e il 2006 come anno di peggiore qualità (90 cm di trasparenza).

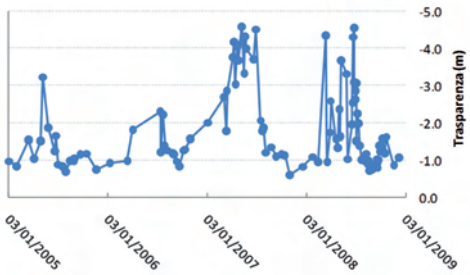


Fig. 17.
Trend di trasparenza MERIS (z90: parametro che indica la profondità alla quale penetra il 90% della luce disponibile) nel periodo 2005-2008 per l'area pelagica del Trasimeno

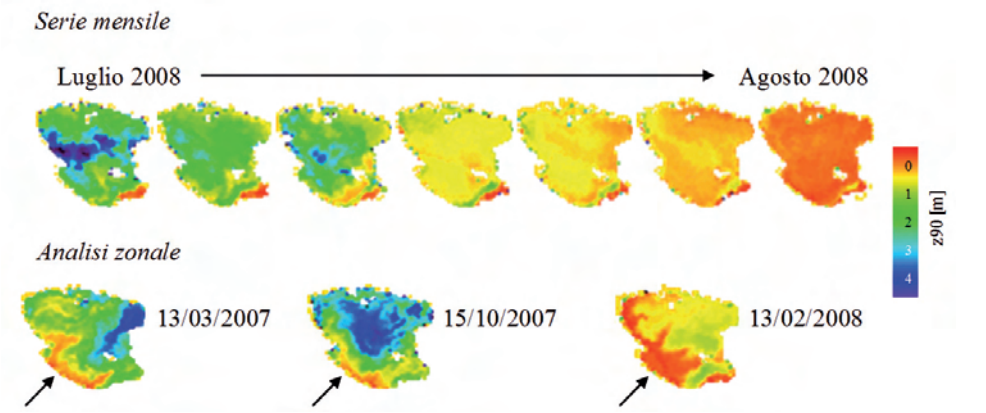


Fig. 18.

Sopra: esempio di mappe di trasparenza (z90) per una serie mensile estiva. Sotto: Mappe di trasparenza dove si sottolinea la distribuzione a mosaico del parametro. La zona tra Castiglione del Lago-Anguillara (indicata con la freccia) si distingue infatti nelle tre mappe per avere valori di trasparenza minori rispetto al resto del lago

In generale, le date, come visibile in fig. 18, nelle quali si sono osservati i minori valori di trasparenza sono ricadute nei mesi tardo estivi (agosto e settembre), in concomitanza ad elevate concentrazioni di solidi sospesi e di clorofilla.

L'analisi spaziale ha indicato disuguaglianze tra differenti aree costiere: la parte di lago occidentale (Castiglione del Lago-Anguillara) è risultata caratterizzata da minor trasparenza e maggiore quantità di solidi sospesi; la zona sud-orientale (San'Arcangelo-San Feliciano), contraddistinta da substrati colonizzati da macrofite ha invece mostrato acque mediamente più trasparenti. Ciononostante, anche in quest'area, si sono verificate situazioni di eccessiva torbidità (in particolare nelle acque limitrofe all'Isola Polvese) imputabili a interventi in loco per la navigazione lacustre.

10.4.4 Sostanze gialle

Tra i parametri analizzati in questo lavoro si è valutata la presenza delle sostanze gialle nelle acque, le loro variazioni spaziali e stagionali tra il 2005 e il 2008 e il loro impatto sulla trasparenza e sulla qualità delle acque. Dall'analisi di 120 immagini MERIS si evince una buona integrazione tra dati satellitari e limnologici; le quantità medie di sostanze gialle si sono attestate intorno 0,3 m^{-1}, con maggiori concentrazioni nel 2005. L'analisi spaziale ha demarcato differenze apprezzabili tra le zone pelagiche e costiere, queste ultime caratterizzate da maggiori concentrazioni. Anche se le quantità delle sostanze gialle sono contenute, le loro variazioni non sono trascurabili, soprattutto a seguito di piogge intense e vento elevato, nelle zone in cui si ha afflusso di acqua da piccoli canali. Di questo apporto possono in particolare ritenersi responsabili attività antropiche come il disboscamento, l'agricoltura intensiva, gli effluenti di scarico, l'accumulo di materia organica vegetale (steli delle cannucce di palude) che sono segno di sbagliate gestioni ambientali.

10.4.5 Solidi sospesi totali

A differenza della clorofilla, le mappe MERIS di TSM mostrano come questo parametro abbia una stagionalità meno marcata, poiché risente molto di fattori locali come vento e precipitazioni

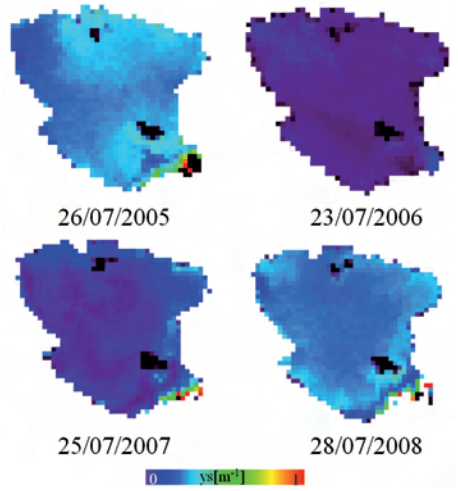


Fig. 19.

Confronto delle mappe delle sostanze gialle nel periodo estivo dei quattro anni analizzati. Le estati del 2005 e 2008 hanno mostrato i valori più elevati

(fig. 20). Questi due elementi fanno si che si abbiano valori maggiori di TSM nelle stagioni invernali e primaverili.

I prodotti MERIS di TSM si sono rilevati particolarmente utili per discriminare le aree interessate dai valori maggiori; analogamente ai risultati sulla trasparenza, la zona di Castiglione del Lago-Anguillara è interessata da elevati carichi di TSM. La zona delle aree colonizzate da macrofite è caratterizzata dalle concentrazioni più basse di TSM, mentre la zona antistante il porto di San Feliciano sembra risentire delle opere di dragaggio per la navigazione interna. Questo comportamento è ben sintetizzato nel grafico di fig. 21.

Le misure di campo hanno permesso di valutare la differenza tra le sta-

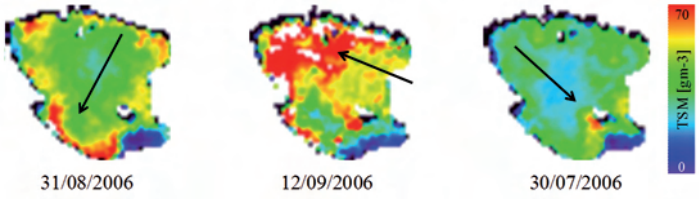


Fig. 20.

Mappe di TSM che mostrano come la loro distribuzione possa essere condizionata dalla direzione dei venti (indicate con le frecce)

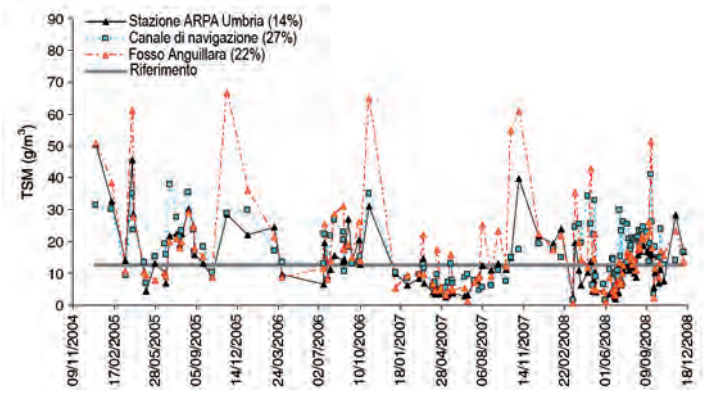


Fig. 21.

Serie temporale di tre differenti stazioni all'interno del lago confrontate con il valore di riferimento di 18.2 g/m^3 ottenuto sommando la media e la deviazione standard di tutto il data di valori dal 2005 al 2008 nella stazione di riferimento di centro lago. Il numero di volte (in percentuale) in cui le concentrazioni di TSM sono superiori ai valori di riferimento è indicato tra parentesi per ogni stazione

zioni pelagiche e quelle costiere sulla tipologia di solidi sospesi. Analizzando in dettaglio l'andamento della frazione organica (SPOM) ed inorganica (SPIM) dei solidi sospesi in funzione del tempo (da aprile ad ottobre 2008) e dell'area di campionamento (costiera o a centro lago) si nota, in fig. 22, come le fasce costiere siano caratterizzate da picchi di SPIM significativi (> 25 gm^{-3}), a cui non corrispondono altrettanto alti valori di SPOM. Nella zone pelagica le concentrazioni appaiono più contenute, inoltre SPIM a SPOM tendono ad assumere trend di crescita e decrescita analoghi.

10.4.6 Anomalie

Per sintetizzare le informazioni ottenute dalle serie MERIS al fine di fornire elementi utili alla gestione del lago si sono prodotte delle mappe di anomalia, che descrivono quando e dove le concentrazioni dei parametri (es. clorofilla) risultino superiore alla media più deviazione standard, calcolate sull'intero periodo 2005-2008. Per la clorofilla, il risultato di quest'analisi è rappresentato sottoforma di mappe per la stagione estiva del 2008 (fig. 23); per i TSM la rappresentazione è in forma di grafico (fig. 24).

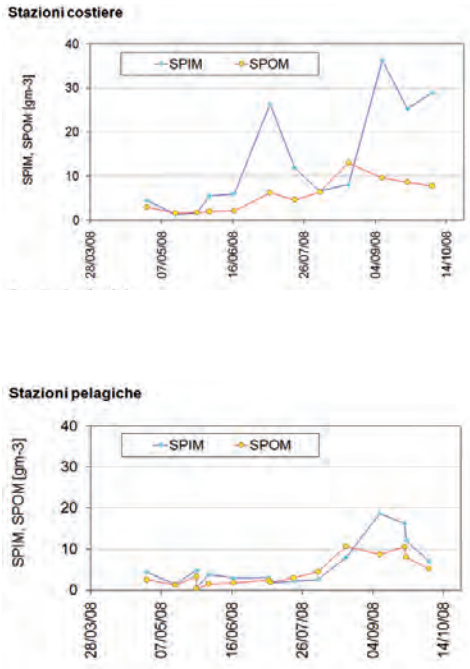


Fig. 22.

Andamento annuale delle concentrazioni di SPIM e SPOM nelle stazioni costiere e pelagiche

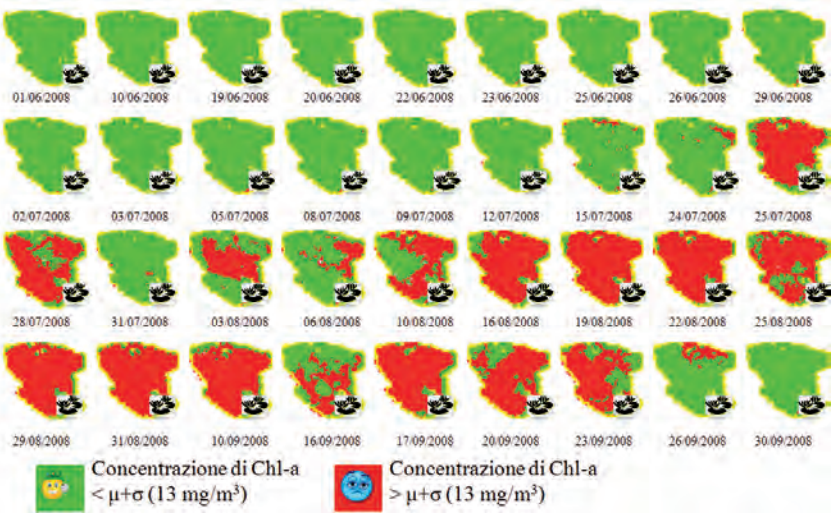


Fig. 23.

Mappe di anomalia per la clorofilla; in rosso le zone che superano il limite di 13 mgm^{-3}. Le aree colonizzate da macrofite non sono considerate in questo tipo di prodotto

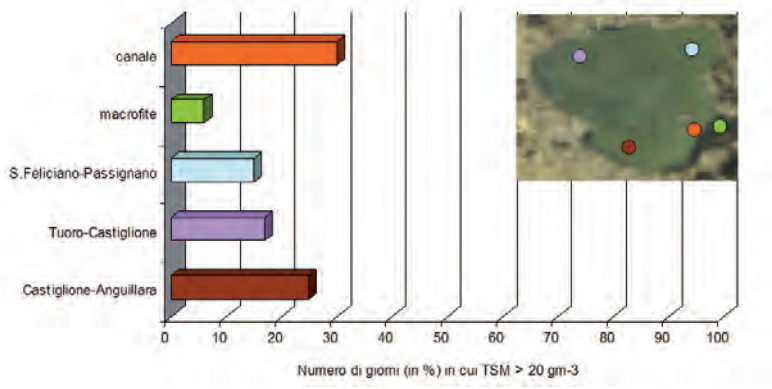


Fig. 24.

Rappresentazione delle anomalie zonali di TSM nel lago per cinque zone indicate nell'immagine in alto a destra. Il grafico illustra la frequenza degli eventi per cui i valori di TSM superano la soglia di 20 gm-3

11 Tecniche di telerilevamento applicato allo studio della vegetazione acquatica del lago Trasimeno

Mariano Bresciani
Claudia Giardino
Paolo Villa

11.1 Introduzione

Le immagini telerilevate consentono di individuare in un territorio la presenza di vegetazione. Questo è possibile grazie alle caratteristiche spettrali della vegetazione che variano molto rispetto alle altre superfici (inorganiche, minerali, artificiali). Queste caratteristiche, riconoscibili tramite gli strumenti del telerilevamento, rendono tale tecnica un utile supporto per lo studio di problematiche ambientali legate alla vegetazione.

La curva di riflettanza della vegetazione può variare in funzione di molti fattori, quali il tipo di vegetazione e la sua densità, lo stadio fenologico, il contenuto di acqua. La clorofilla, un pigmento presente nelle cellule vegetali, assorbe per effettuare la fotosintesi la radiazione visibile blu e rossa, riflettendo invece quella verde. Le foglie ci appaiono più verdi in estate quando il contenuto di clorofilla é molto alto. In autunno la clorofilla è presente in quantità minori, quindi il fenomeno di assorbimento delle radiazioni rossa e blu diminuisce, mentre aumenta quello della riflessione in tutto l'intervallo del visibile, facendo apparire le foglie secche rosse o gialle (il giallo é la combinazione di radiazioni verdi e rosse). La struttura interna della foglia invece influisce sulla riflessione della radiazione infrarossa nell'intervallo compreso tra 0,7 e 1,35 mm: nell'infrarosso vicino una foglia sana in questa porzione dello spettro elettromagnetico si comporta da alto riflettore di energia (50% - 70%). La misura e il monitoraggio della quantità di energia riflessa nell'intervallo dell'infrarosso vicino viene perciò usata per determinare lo stato di salute della vegetazione.

L'analisi della vegetazione acquatica è stata suddivisa in due differenti macro-argomenti:

1. studio della vegetazione a canneto;
2. studio della vegetazione acquatica.

Data la diversità di queste tipologie di vegetazione e i differenti materiali e metodi utilizzati in questo progetto, i due macro-argomenti saranno trattati separatamente.

11.2 Vegetazione a canneto

Le caratteristiche fisiologiche, la struttura, le modalità di consociazione, rendono i canneti una associazione vegetale, formata principalmente dal *Phragmites australis* (Cannuccia di palude), estremamente importante negli equilibri del lago Trasimeno. Queste elofite sono un habitat utilizzato da un'ampia tipologia di animali che vi trovano rifugio, luogo di nidificazione e di alimentazione. Sulla parte sommersa dello stelo dei canneti si forma una guaina di organismi epifitici che hanno la capacità di metabolizzare i nutrienti e di abbattere la carica batterica. Il *Phragmites* è saldamente ancorato al substrato nel cui sedimento forma una complessa rete di rizomi e radici dotati di ampi canali aeriferi. Queste vie consentono la diffusione dell'ossigeno nei sedimenti, permettendo sia di instaurare popolazioni di decompositori aerobi, molto più efficienti nella decomposizione del detrito degli organismi anaerobi, sia di evitare la formazione di composti chimici secondari tossici. Oltre a questa importante funzione l'apparato radicale dei canneti stabilizza il terreno e previene il trasporto di particellato dalla riva al corpo d'acqua. L'importanza ecologica, associata alla relativamente ridotta estensione e alle problematiche connesse alla gestione, rendono i canneti una priorità nella salvaguardia della naturalità del Trasimeno. Bisogna infatti sottolineare come nel nord Europa, negli ultimi decenni, la vegetazione spondale a dominanza di *Phragmites australis* è stata soggetta a fenomeni di declino dovuti alla sindrome di *die-back* (Van der Putten, 1997). Questa sindrome comporta la regressione del canneto dalle stazioni con acque a profondità maggiori, l'assottigliamento dei culmi, modificazioni anatomiche dei rizomi, fino alla degenerazione generalizzata del canneto.

Il ciclo fenologico dell'associazione a canneto è il seguente: ogni anno, in primavera, vi è l'emissione di nuovi germogli dal rizoma/semi a sostituzione dei vecchi che da settembre/ottobre cominciano a seccarsi, ma non cadono subito, ma resistono anche dopo un paio di stagioni. I fusti secchi permettono al rizoma, durante l'inverno e comunque fino a che non vi sono i nuovi germogli, di avere ossigeno sufficiente e alla fauna di trovare riparo e materiale per la nidificazione.

Quando la deposizione di foglie, e cannucce secche, costituisce una lettiera eccessiva, si corre il rischio che venga indotta una diminuzione della produzione di fusti verdi, in primavera, a causa della stratificazione e della debole penetrazione della luce. Questo fenomeno è stato proposto come causa della regressione di *Phragmites australis* nelle aree sommerse lungo le sponde lacustri (Clevering, 1998).

L'associazione a canneto nel Trasimeno risente delle varie problematiche ecologiche che contraddistinguono il lago, ridotti apporti idrici con diminuzione dei livelli, accumulo di sedimenti ricchi di sostanze nutritive e microinquinanti, introduzione di specie esotiche, ecc.

La ricerca si è concentrata sullo studio dei fenomeni di regressione e di presenza della sindrome di *die-back* dei canneti del Trasimeno, attraverso tecniche di telerilevamento che sfruttano la componente elettromagnetica del visibile (VIS) e vicino infrarosso (NIR, *near-infrared*). I dati telerilevati analizzati comprendono sia immagini satellitari, sia misure radiometriche di campo.

Le tecniche utilizzate per caratterizzare l'associazione vegetale a *Phragmites australis* sono state in particolare le seguenti:

- tecniche di classificazione automatica applicate ad immagini satellitari, al fine di discriminare queste superfici per poi analizzarne l'indice di vegetazione (NDVI) come indicatore del loro stato di salute;
- misure di campo (ceptometro), per la valutare la biomassa dei canneti, indicate tra le associazioni vegetali erbacee più produttive.

11.2.1 Studio della vegetazione a canneto dall'alto

Le basi teoriche del comportamento spettale della vegetazione nei confronti della radiazione incidente sono riassunte nella fig. 25.

La risposta spettrale della vegetazione sarà funzione delle caratteristiche dei tessuti che costituiscono le foglie, della quantità e dall'efficienza dei pigmenti fotosintetici, del contenuto di acqua, della presenza delle infiorescenze. Situazioni di stress idrico o di mancanza di nutrienti possono essere individuati dall'analisi della firma spettrale; nella fig. 26 si può notare le differenze nelle risposte spettrali tra foglie di cannucce di palude verdi e secche e l'infiorescenza.

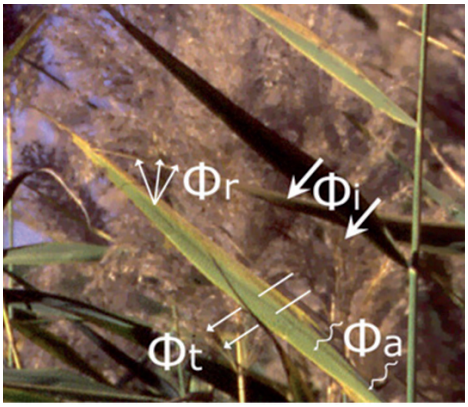


Fig. 25.

Principali fenomeni di interazione tra l'energia elettromagnetica incidente (i) e la superficie fogliare dei canneti che può rispettivamente assorbirla (a), rifletterla (r) e trasmetterla (t)

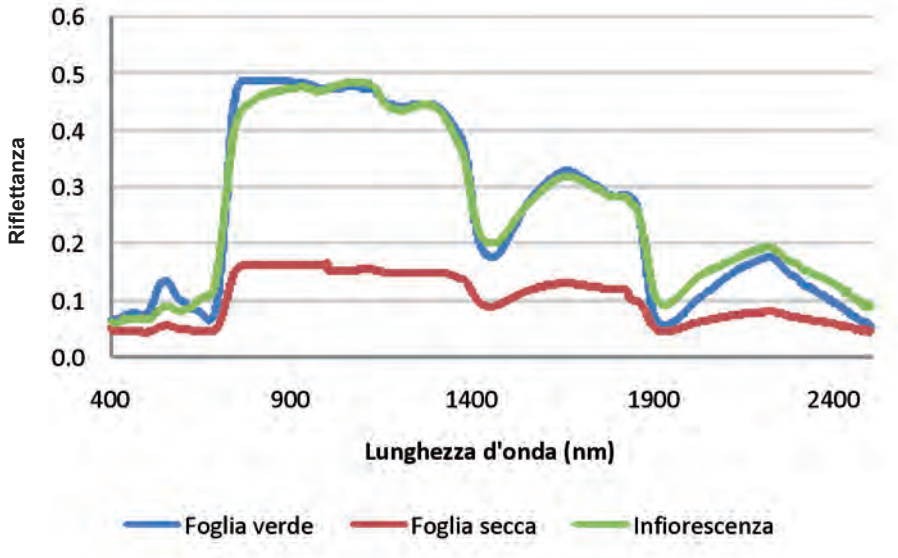


Fig. 26.

Variabilità della firma spettrale delle foglie di cannucce di palude in funzione dello stato fisiologico

Le immagini satellitari sono state acquisite da differenti sensori: due scene QuickBird del 11/09/04 e del 06/09/05, due scene ALOS-AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) del 08/07/07 e del 23/06/08 ed una scena ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) del 22/06/03. Le immagini si contraddistinguono per differenti caratteristiche di risoluzione spaziale: nell'ordine di un metro per i dati QuickBird e rispettivamente di 15 m e 10 m per ASTER e ALOS-AVNIR-2.

Attraverso l'utilizzo di classificatori automatici che sfruttano il diverso comportamento spettrale delle superfici, le aree a canneto sono state separate da altri tipi di copertura (acqua, suolo nudo, altra vegetazione, urbanizzato), permettendo di stimarne la copertura areale nei diversi anni. Inoltre, per le immagini satellitari comprensive di bande nella regione del VIS e del NIR, è possibile derivare indici sintetici utili per valutare il vigore dei canneti.

Gli indici di vegetazione vengono calcolati per mezzo di semplici operazioni algebriche tra i valori di riflettanza nelle diverse zone dello spettro in cui la vegetazione mostra dei comportamenti peculiari. Gli indici di vegetazione sono uno strumento molto utile per il monitoraggio delle condizioni della vegetazione. In particolare, la loro correlazione con la biomassa ci permette di monitorarne il vigore, di evidenziare eventuali stress che avvengono durante la stagione di crescita, di valutare la resa stagionale della coltura o la quantità di carbonio fissata per fotosintesi negli ecosistemi naturali.

In questo lavoro è stato utilizzato l'indice NDVI (Rouse *et al.*, 1973), differenza normalizzata tra il valore di riflettenza nella banda del rosso (672 nm) e del NIR (780 nm), che può essere applicata a tutti i pixel dell'immagine:

NDVI= (Rif. 780nm – Rif. 672nm) / (Rif. 780nm + Rif. 672nm)

L'analisi delle immagini satellitari (fig. 27) ha permesso di quantificare la superficie areale delle superfici a canneto della zona costiera del lago: nel 2003 è risultata essere di 388 ha, nel 2008 di 370 ha.

Questi risultati sono stati confrontati con la mappa di copertura del suolo (Cecchetti *et al.*, 2005), che aveva fornito una stima di 356 ha di canneti. Il confronto ha evidenziato la diminuzione della copertura areale dei canneti, riportando la situazione del Trasimeno ad un comportamento osservato anche nel nord est europeo. Rispetto a Cecchetti (2005), il risultati ottenuti dall'immagine AVNIR-2 del

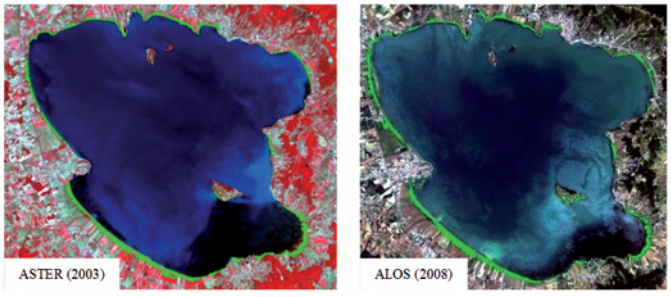


Fig. 27.

A sinistra immagine a falsi colori del lago Trasimeno acquisita dal sensore ASTER il 22 giugno del 2003, a destra immagine a colori reali acquisita dal sensore AVNIR del 23 giugno del 2008. In verde sono evidenziati i canneti ottenuti dal processo di classificazione automatica delle immagini

2008 mostrano un leggero aumento di superficie.

Il confronto tra le differenti tipologie di dati indica come il 2005 sia stata un'annata di criticità per i canneti come mostrato anche dalla fotointerpretazione dei dati QuickBird (fig. 28). Grazie a questi dati si è potuto quantificare la formazione di piscine interne ai canneti, come nel caso dell'Oasi a Panicale in cui si sono persi 0,55 ha di vegetazione dal 2004 al 2005.

La riduzione di copertura areale dei canneti nelle zone con livelli d'acqua più elevati conferma le problematiche generali dei canneti in cui si ha un accumulo di materiale organico e una riduzione del tasso di germinazione.

L'applicazione dell'indice NDVI alle immagini corrette e georeferite ha permesso di valutare lo stato di salute dei canneti costieri. I valori di NDVI medi calcolati su un areale di circa 22 ha sono stati di 0,68 nel 2003, di 0.60 nel 2007 e di 0,63 nel 2008. Queste differenze possono essere una conseguenza sia delle variazioni dei livelli sia della qualità delle acque del lago. Differenziando, infatti, gli areali a canneto in funzione della loro vicinanza alla linea costiera e quindi dell'interazione con le acque del lago, si è osservato come le parti maggiormente bagnate risultino in condizioni fisiologicamente più deficitarie (valori più bassi di NDVI) rispetto a quelli meno a contatto con l'ambiente acquatico (valori maggiori di NDVI).

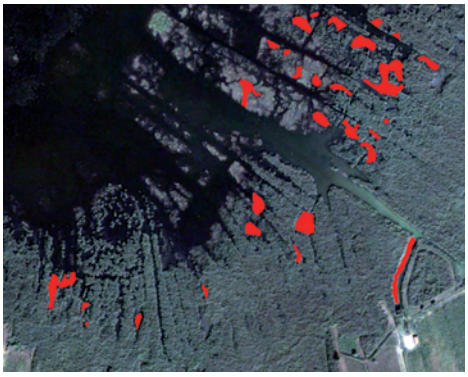


Fig. 28.

Nell'immagine QuickBird del 6 settembre 2005 sono rappresentate in rosso le zone in cui in un anno si sono perse superficie a canneto

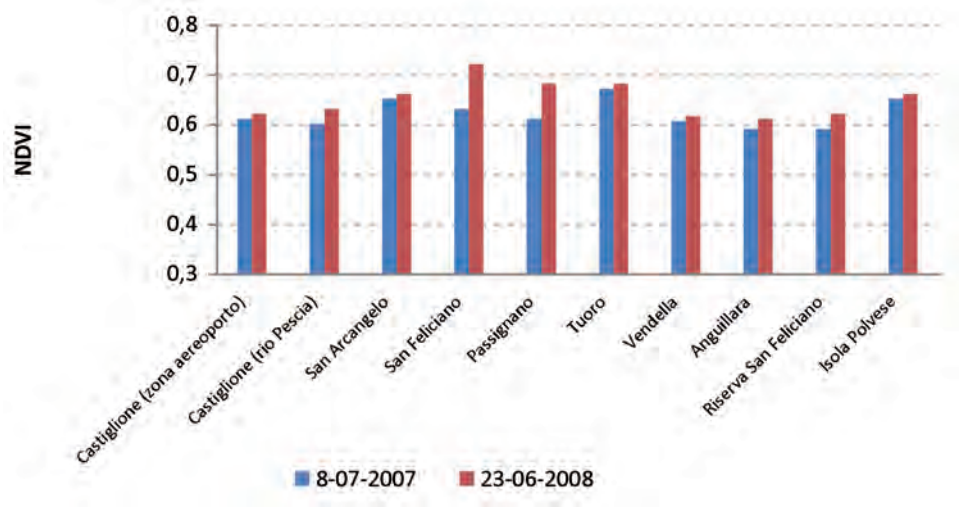


Fig. 29.

Confronto tra i valori di NDVI estratti dalle immagini satellitari per 10 canneti differenti canneti. Si può notare come tutti i canneti abbiano valori di NDVI maggiori nel 2008

11.2.2 Studio della vegetazione a canneto dal basso

Le misure radiometriche di campo, effettuate con il ceptometro AccuPAR LP-80 per la misura della componente della radiazione fotosinteticamente attiva (PAR), hanno permesso di derivare l'Indice di Area Fogliare (LAI), definito come l'area di superficie fogliare vivente per area di superficie di suolo. Il LAI, indicatore della densità della chioma e della biomassa, dipende da fattori sia fisiologici sia strutturali: la composizione specifica, la fase di sviluppo dell'associazione vegetale, le condizioni del sito in cui si misura il parametro. Per caratterizzare il LAI dei canneti del Trasimeno sono state svolte tre campagne di misura nei mesi di maggio, luglio e settembre del 2008, in più di dieci areali a canneto, che hanno permesso di valutarne la variabilità temporale e spaziale lungo l'intero perimetro lacuale.

I risultati ottenuti dalle misure di LAI hanno evidenziato (tab.3) come i canneti bagnati hanno valori di LAI inferiori rispetto a quelli asciutti, dato che conferma i risultati ottenuti dall'applicazione dell'indice NDVI alle immagini satellitari.

Da questi risultati si evince come la rimozione del materiale organico, predisposto grazie a operazioni di gestione delle aree a canneto, possa essere un fattore positivo nel guidare la capacità di crescita delle cannucce di palude e quindi sulla loro biomassa. Viceversa l'accumulo di sedimenti comporta una riduzione della biomassa a causa dell'instaurarsi di condizioni anossiche che rendono più difficile la sopravvivenza dei rizomi.

Tabella 3
Valori di LAI [m^2m^{-2}] misurati a fine maggio nel canneto di Rio Pescia in differenti zone

Questo canneto è stato sottoposto a sfalcio nel 2007 ed è evidente come le aree tagliate abbiano i valori di LAI più elevati. Dove invece c'è un eccessivo accumulo di sedimenti, nelle zone maggiormente interessate dal trasporto delle onde del lago, i valori di LAI sono più bassi

Tipologia di canneto	*LAI*
Canneto tagliato nell'inverno (fuori acqua)	4.0
Canneto non tagliato (fuori acqua)	3.2
Canneto non tagliato (in acqua)	2.4
Canneto con accumulo di sedimenti	2.2

A livello stagionale i valori di LAI più elevati sono stati osservati al culmine della stagione di crescita (luglio), questo è caratteristico a livello fisiologico poiché da luglio in poi la fioritura comporta una dissipazione di energia, che verrà utilizzata per la futura produzione di polline.

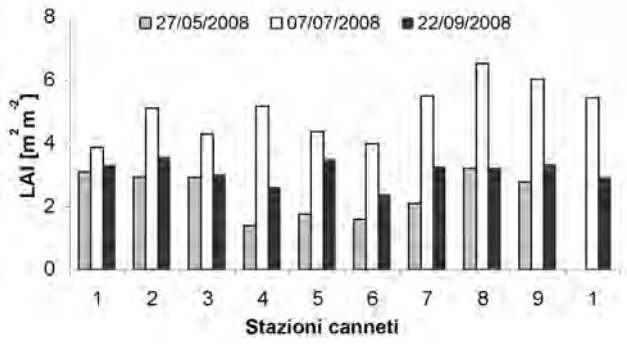


Fig. 30.
Valori di LAI misurati nelle stazioni rappresentate in fig. 5 in differenti periodi stagionali

A livello scientifico è riconosciuto come le quantità di azoto e fosforo e la biomassa dei canneti siano utilizzabili per valutare lo stato trofico dei laghi, i canneti divengono quindi bioindicatori dello stato di salute delle acque dei laghi; a parità di altre condizioni i valori di LAI crescono con i livelli trofici delle acque. Confrontando i valori di LAI medi del lago Trasimeno con quelli del Garda (lago oligo-mesotrofico) (Bresciani *et al.*, 2009), rilevati con la stessa metodologia, si è notato che nel caso del Garda i valori di LAI sono mediamente di 4,1 (± 1,1) m^2m^{-2} mentre per il Trasimeno sono mediamente di 5,07 (± 1,27) m^2m^{-2}. La bioindicazione fornita dai canneti è quindi in accordo con le condizioni meso-eutrofiche del lago. Un'ultima nota estraibile dai valori di LAI è che nei periodi vegetativi (maggio-luglio) valori inferiori di 3 m^2m^{-2} sono sintomatici di possibile presenza di *die-back*. Purtroppo nei canneti più a contatto con l'acqua e in alcuni canneti di San Feliciano e di Passignano si sono registrati valori caratteristici della presenza di questa problematica della cannuccia di palude, in accordo con valutazioni eseguite con studi macromorfologici e isoanatomici eseguiti dall'Università degli Studi di Perugia (Gigante *et al.*, 2010).

11.3 Macrofite acquatiche

L'analisi del comparto della vegetazione strettamente acquatica è stata caratterizzata da una forte componente strumentale necessaria per caratterizzare le firme spettrali delle macrofite e costruire una banca dati per le analisi relative all'interpretazione d'immagini iperspettrali. Oltre alla compilazione della libreria spettrale, i rilievi di campo hanno permesso di creare una tabella di dati dove, per oltre 10 siti si è rilevata la presenza/assenza di macrofite; laddove erano presenti si è inoltre proceduto al riconoscimento delle specie, documentate anche da riprese fotografiche (fig. 31).

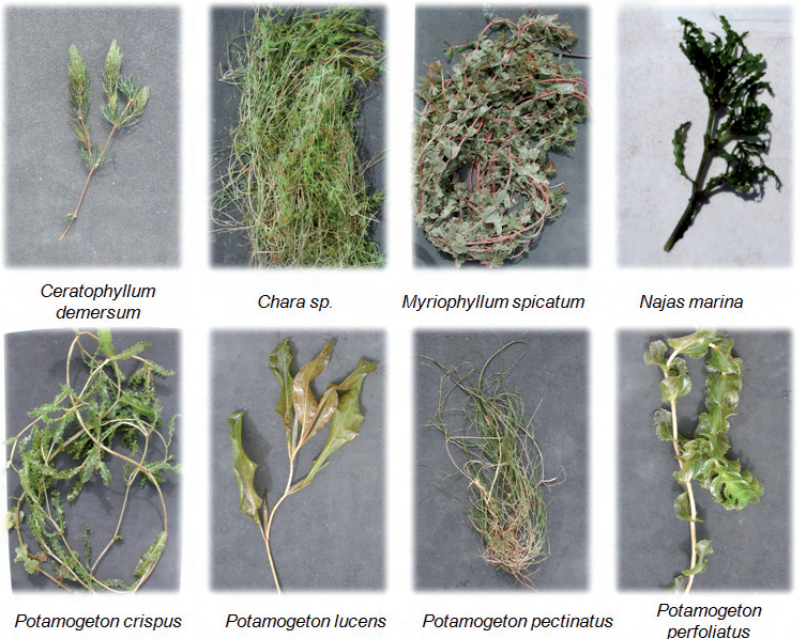


Fig. 31.
Biodiversità delle macrofite del lago Trasimeno

La presenza di macrofite radicate sommerse in un lago è determinata da fattori geomorfologici, da fattori ambientali e da innumerevoli interazioni biologiche che esistono tra le macrofite stesse e gli altri organismi, sia vegetali che animali. La tipologia di substrato, la luce, la profondità, la velocità della corrente, le caratteristiche fisiche e chimiche dell'ambiente, la disponibilità di nutrienti, la competizione con alghe bentoniche e fitoplancton, il consumo da parte di erbivori e la presenza di parassiti sono i principali fattori che determinano la crescita di una particolare specie o di una comunità. A loro volta, le macrofite acquatiche generano effetti sul metabolismo dell'ecosistema e sulla struttura della biocenosi condizionando così la qualità dell'ecosistema stesso. La presenza di macrofite regola la disponibilità dei nutrienti all'interno di un corpo d'acqua, ma da sole non sono in grado di contrastare i processi di eutrofizzazione. Direttamente e indirettamente le macrofite influenzano la struttura delle biocenosi e della catena trofica. Come fonte di alimento, esse determinano la presenza e condizionano la crescita delle popolazioni di animali, quali crostacei, molluschi, pesci ed uccelli. Costituiscono, inoltre, il substrato ideale per la deposizione di uova e per il sostegno di numerosi organismi epifitici, quali alghe, batteri, protozoi, che rappresentano l'alimento per una grande varietà di invertebrati, a loro volta risorsa alimentare per invertebrati predatori, anfibi, uccelli e pesci. Grazie all'intricata architettura dei loro popolamenti, le macrofite sommerse creano zone di rifugio che influenzano la crescita di popolazioni di consumatori legati tra loro da rapporti di predazione.

La raccolta di firme spettrali, effettuata con lo spettroradiometro FieldSpec ASD, è avvenuta sia direttamente sulle macrofite in acqua senza sradicarle (fig. 32), al fine di ottenere informazioni utili per la loro mappatura da immagini satellitari e aereotrasportate; sia su campioni sradicati (fig. 33), al fine di ottenere informazioni sulla loro struttura e sulle loro differenze nella risposta spettrale determinata dai pigmenti fotosintetici presenti.

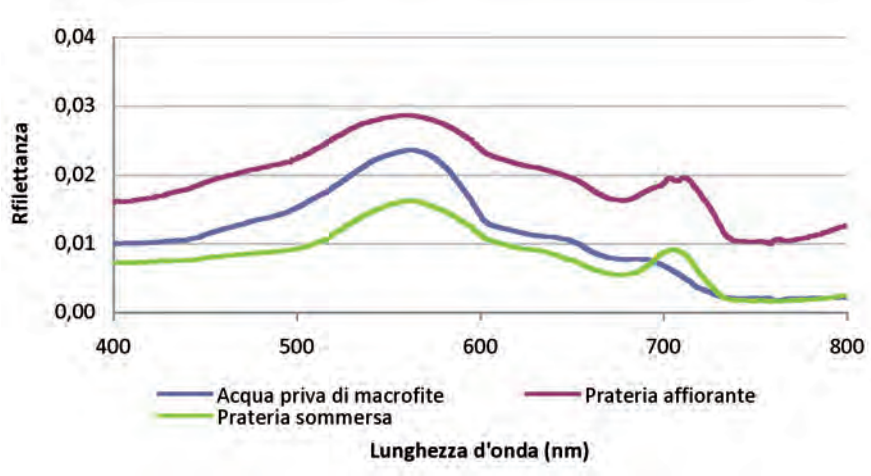


Fig. 32.
Confronto tra la risposta spettrale dell'acqua priva di vegetazione e praterie di macrofite nel mese di luglio 2008

L'analisi delle firme spettrali delle macrofite in acqua (fig. 32) ha evidenziato come le praterie affioranti abbiano un livello di magnitudo delle riflettanze, soprattutto nella regione dell'infrarosso, maggiore rispetto alle altre regioni lacuali (acqua priva di vegetazione e praterie sommerse). Le praterie sommerse si contraddistinguono, invece, per un elevato assorbimento della radiazione elettromagnetica che determina una diminuzione a livello di magnitudo della risposta spettrale.

A livello di risposta spettrale delle differenti specie (fig. 33), si è potuto constatare come la struttura delle Characee determini una loro elevata riflettenza in tutte le regioni dello spettro elettromagnetico.

L'analisi delle immagini satellitari a media risoluzione (ALOS-AVNIR-2 e ASTER) hanno permesso di delineare una mappa dei substrati colonizzati da macrofite per gli anni 2003 e 2008. L'elaborazione dei dati, eseguita mediante tecniche di classificazione automatica, ha evidenziato una netta diminuzione delle praterie a macrofite nel corso degli ultimi anni (fig. 34): il dato ASTER del 2003 ha, infatti, indicato una copertura di circa 2050 ha, mentre dal dato ALOS-AVNIR-2 del 2008 le aree a macrofite sommerse sono risultate di circa 1650 ha.

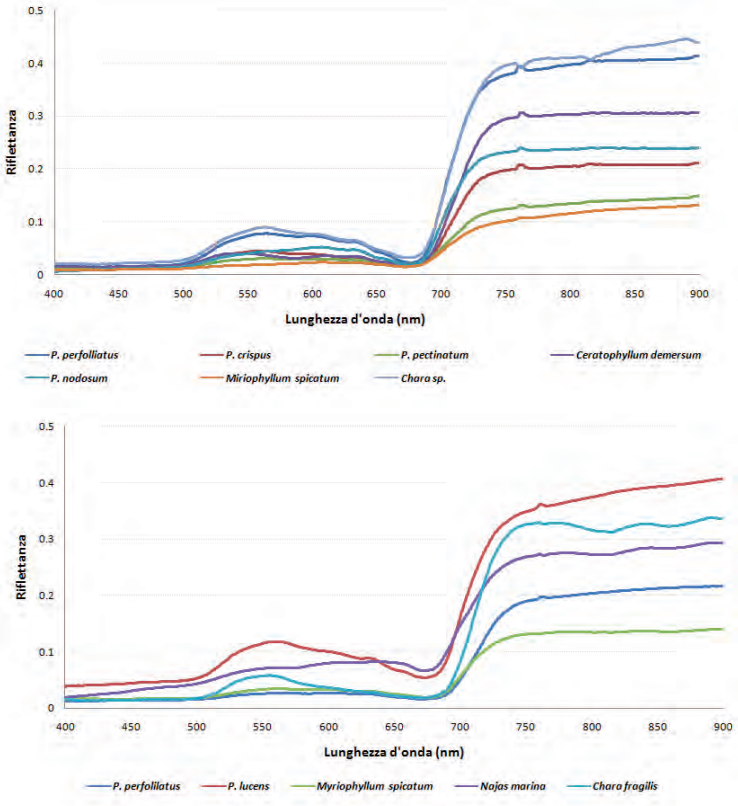


Fig. 33.

Banca dati di firme spettrali di macrofite sradicate dal fondale acquisite nei mesi di maggio e luglio 2008

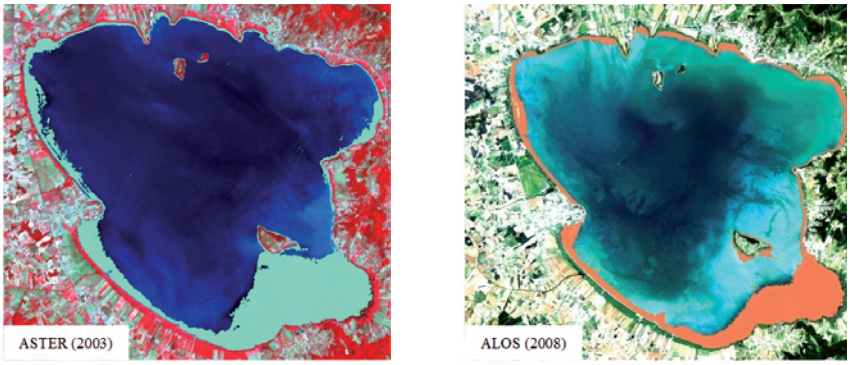


Fig. 34.
Substrati colonizzati da macrofite negli anni 2003 (evidenziati in azzurro) e 2008 (evidenziati in rosa-antico)

12 Utilizzo d'immagini ad alta risoluzione spaziale e spettrale per lo studio del lago Trasimeno

Mariano Bresciani
Claudia Giardino
Paolo Villa

12.1 Introduzione

La capacità di discriminare la risposta spettrale delle superfici attraverso le immagini dall'alto è tanto più dettagliata quanto maggiore è la risoluzione spettrale del sensore che acquisisce l'immagine. Per questo motivo il telerilevamento si basa sulla cosiddetta indagine multispettrale che, andando ad esplorare piccole porzioni dello spettro elettromagnetico, o bande, migliora sensibilmente le possibilità di riconoscimento delle superfici rilevate. Maggiore é il numero delle bande spettrali utilizzate, maggiore sarà, a parità delle specifiche del sistema utilizzato, la capacità di indagine. I sensori dotati di un elevato numero di bande vengono definiti sensori iperspettrali che operano mediante centinaia di bande e la loro alta risoluzione spettrale permette quindi una più facile distinzione di superfici con comportamenti spettrali simili.

Altro elemento molto importante al fine di poter investigare con la modalità più accurata e precisa l'ambiente è la risoluzione spaziale (o geometrica) che esprime le dimensioni della più piccola area rilevabile. La dimensione del pixel influisce sulla riproduzione dei dettagli della scena ed é determinata dall'altezza del sistema di ripresa e dalle sue caratteristiche di funzionamento, in particolare dall'angolo di vista del sensore che determina l'area-impronta sulla superficie terrestre vista, detta anche IFOV (*Instantaneous Field Of View*).

L'associazione di un'elevata risoluzione spettrale e spaziale determina la possibilità di usufruire d'immagini con un elevatissimo potenziale applicativo.

Tra i sensori iperspettrali è importante ricordare quei sensori che vengono montati su piattaforma aerea, sulle quali è possibile montare diversi sensori contemporaneamente ottenendo così una più dettagliata indagine del territorio. Inoltre, grazie ai moderni sistemi GPS-inerziali è possibile una georeferenziazione diretta dei dati e delle immagini acquisite.

L'accurata programmazione dei sorvoli aerei in relazione alle caratteristiche delle aree di interesse, che possono essere anche limitate e molto eterogenee, offre poi la possibilità di scegliere

il momento più opportuno per l'acquisizione delle immagini.

Tra questi in Italia è presente il sensore MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) del CNR e montato sull'aereo CASA 212 della Bloom-CGR.

12.2 Materiali e metodi

Il 12 maggio 2009, alle ore 12:00 il sensore iperspettrale MIVIS ha compiuto un rilevo della sponda orientale del Trasimeno, fornendo una scena di 13 km di lunghezza, 4 km di larghezza con una risoluzione al suolo di 4 m.

Il sensore MIVIS è uno strumento costituito da 4 spettrometri che riprendono ed analizzano, simultaneamente, la radiazione proveniente dalla superficie terrestre, suddivisi in 102 canali nel campo del visibile, nel campo dell'infrarosso vicino (NIR), nel campo dell'infrarosso medio (MIR) ed in quello termico.

In concomitanza al sorvolo è stata effettuata una serie di misure limnologiche, fotometriche e radiometriche: queste ultime sia sul comparto vegetale sia sulla colonna d'acqua. I dati di campo del 12 maggio sono stati assemblati

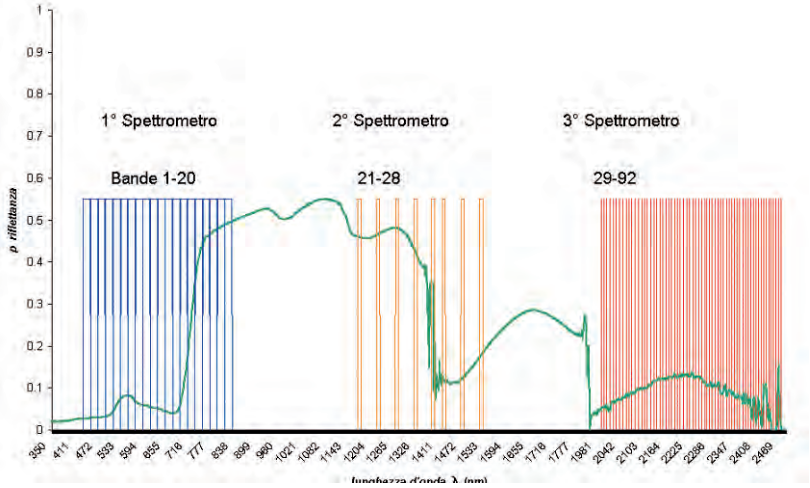


Fig. 35.

Il sensore iperspettrale MIVIS opera nel dominio dell'energia riflessa mediante tre differenti spettrometri in 92 bande

Tabella 4
Caratteristiche tecniche del sensore MIVIS

Spettrometro	*Regione Spettrale (nm)*	*Risoluzione (nm)*	*Canali*
Visibile – NIR	433-833	20	20
Infrarosso Medio	1150-1550	50	8
Infrarosso Medio	2000-2500	8	64
Infrarosso Termico	8200-12700	400	10

Fig. 36.
A sinistra scena della sponda orientale del lago Trasimeno acquisita il 12 maggio 2009, a destra l'inquadramento dell'immagine nel lago

nella più ampia banca-dati di misure limnologiche e radiometriche *in situ* del lago precedentemente illustrata.

L'approccio utilizzato per il riconoscimento delle macrofite da dati MIVIS è stato di tipo semi-empirico; tale metodo utilizza specifiche regioni degli spettri dell'immagine che, unitamente alla conoscenza delle caratteristiche spettrali dei parametri di interesse, permette di sviluppare gli algoritmi per il loro riconoscimento. Il dato iperspettrale MIVIS è stato elaborato secondo le comuni operazioni di pretrattamento dell'immagine, quali la georeferenziazione e il ricampionamento delle bande (delle 102 bande disponibili si sono selezionate le 20 bande della regione del visibile e vicino-infrarosso). La correzione radiometrica, che consente di normalizzare l'immagine per gli effetti di illuminazione e il disturbo atmosferico è stata eseguita con il metodo dell'*empirical-line* sfruttando le misure radiometriche di campo sincrone al sorvolo. L'immagine corretta è stata quindi elaborata in base alla separabilità spettrale che le superfici di interesse hanno nei confronti della radiazione elettromagnetica. Tramite un classificatore ad albero decisionale (Coppin *et al.*, 2004) è stato possibile riconoscere differenti classi che includono il substrato colonizzato da macrofite sommerse e sub-emergenti, le zone interessate da canneto e le acque otticamente profonde.

Per le aree classificate a canneto i dati MIVIS sono stati ulteriormente elaborati per calcolarne l'indice NDVI, come effettuato per le immagini ASTER e ALOS del 2007-2008.

Per quanto riguarda la componente acquatica l'immagine ricampionata e corretta atmosfericamente è stata tratta con un approccio analitico mediante l'utilizzo del programma Bomber (*Bio-Optical Model for the evaluation of Bottom Effect on water Reflectance*) del CNR-IREA. Il programma Bomber è un tool basato sulla modellistica bio-ottica per estrarre le proprietà di qualità dell'acqua da dati telerilevati corretti dall'effetto atmosferico.

Il programma richiede una serie di dati in *input* collegati alle proprietà ottiche dell'acqua quali l'assorbimento dell'acqua pura, della componente fitoplanctonica, della componente non algale e della componente delle sostanze gialle e al *backscattering* dell'acqua pura, della componente fitoplanctonica e della componente non algale.

Dopo aver effettuato la parametrizzazione ottica, Bomber richiede i parametri di ottimizzazione, comprendenti le concentrazioni di clorofilla, solidi sospesi totali, sostanze gialle e le *slope* delle misure di assorbimento; per concludere devono essere definiti i valori d'intervallo di variabilità delle incognite e settaggi richiesti dalla routine di IDL.

12.3 Risultati

Le analisi limnologiche hanno evidenziato la ridotta trasparenza delle acque (valor medio disco di Secchi pari a 1,40 m), imputabile alla concentrazione dei solidi sospesi (valore medio pari a 4,5 mg/l) e in parte alla clorofilla "a" (valore medio 2,9 µg/l). La ridotta trasparenza, riduce la penetrazione della luce, che si estingue prima di raggiungere il fondale e tende ad inibire lo sviluppo di macrofite non emergenti. Inoltre, il livello delle acque il 12 maggio 2009 era di 113 cm inferiore allo zero idrometrico (s.z.i.), dato prossimo al livello rilevato l'anno precedente (23 giugno) quando si era misurato una quota di -128 cm s.z.i., condiziona enormemente la performance delle macrofite acquatiche.

Dalla mappa di fig. 37 che illustra la classificazione del substrato e della zona costiera, si evince una notevole copertura macrofitica nella porzione del lago investigata, pari a 731 ha e corrispondenti al 32 % dell'area di studio del corpo lacustre presente nella scena (2280 ha). In particolare, in prossimità dell'Oasi La Valle (sud del lago), il substrato appare quasi totalmente colonizzato. L'analisi sulla distribuzione tra macrofite sommerse e sub-emergenti ha evidenziato una copertura di 640 ha delle macrofite sommerse di cui 22 ha con densità elevata e di circa 90 ha delle macrofite sub-emergenti.

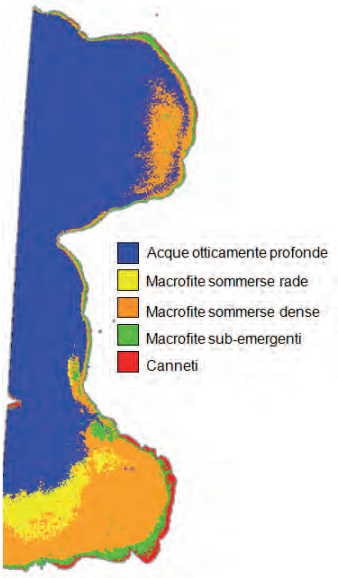


Fig. 37.
Mappa del substrato e vegetazione a canneto della zona orientale del Trasimeno

Il confronto tra la mappa ottenuta dall'elaborazione dell'immagine MIVIS e l'analogo prodotto dell'anno precedente (si veda fig. 34) evidenzia una diminuzione della superficie occupata da macrofite di 23 ha. Estendendo il confronto ai lavori recentemente effettuati (es. Ceccheti e Lazzerini 2007) si nota un'ulteriore perdita di superficie occupata da macrofite in prossimità dell'area a sud di Isola Polvese, in cui erano presenti associazioni vegetali quali *Najadetum marinae*, *Potametum pectinato-perfoliati* e *Charetum fragilis*. Tra le possibili cause di questa diminuzione,

si può ipotizzare che questa zona abbia risentito delle operazioni di taglio della macrofite e dragaggio del fondale, con conseguente peggioramento della qualità delle acque. Un'ulteriore riduzione della densità di copertura, mediamente costituita dall'associazione *Ceratophylletum demersi,* si è infine rilevata nella zona tra San Feliciano e Isola Polvese.

I dati MIVIS hanno permesso di delimitare anche le aree a canneto presenti sia nella zona costiera del lago che nella zona dell'Oasi La Valle e che risultano occupare una superficie di 42 ha.

Confrontando il risultato ottenuto, per la medesima regione d'interesse, dall'elaborazione del dato MIVIS con quello ottenuto con l'immagine ALOS del 2008 (si veda fig. 34), si è potuto constatare una perdita di 4 ettari di canneto, dati concordi con i risultati di Gigante et. al (2010). Gli indici di NDVI di queste aree a canneto hanno un valore medio di 0,58 con valori più elevati nell'entroterra (NDVI medio di 0,65) e valori più bassi nei canneti a contatto con l'ambiente acquatico (NDVI medio 0,45). Questi risultati sono in accordo sia ai rilievi di campo di LAI (Leaf Area Index) sia con i valori di NDVI precedentemente presentati.

Per quanto riguarda la componente acquatica l'applicazione del modello bio-ottico ha permesso di produrre le mappe delle concentrazioni di chl-a, TSM e CDOM.

I risultati ottenuti sono stati validati con le misure limnologiche effettuate in sincrono all'acquisizione; per la clorofilla l'accordo è stato elevato (r = 0,86), anche la validazione dei TSM con i valori misurati *in situ*, con lo stesso sistema utilizzato per la validazione della mappe ottenute con il sensore MERIS (si veda fig. 9), ha evidenziato un buon accordo nella parte settentrionale e meridionale (sincrona all'acquisizione del dato MIVIS) del lago, mentre nella zona di centro lago i prodotti ottenuti hanno leggermente sovrastimato i risultati di campo.

I risultati, visibili in fig. 38, evidenziano come le concentrazioni di clorofilla risultino contenute in questo periodo stagionale; in effetti, i problemi di fioriture fitoplanctoniche nel lago sono strettamente correlate con le temperature e l'intensità di radiazione incidente e quindi da associare al periodo estivo e all'inizio dell'autunno. Anche le concentrazioni di CDOM sono contenute, risultano invece più elevate le concentrazioni di TSM.

A livello zonale solamente la mappa dei TSM evidenzia una variabilità significativa all'interno dell'area investigata, si possono infatti notare zone come quelle più prossime alla costa nord oppure vicino al paese di San Feliciano con valori più elevati (in rosso).

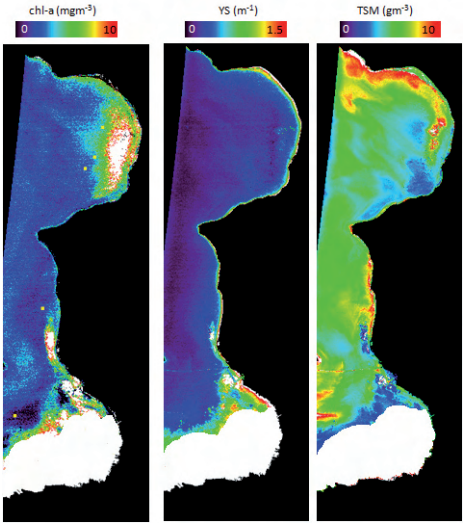


Fig. 38.

Mappe di concentrazione dei parametri otticamente attivi estratte dall'immagine MIVIS. In bianco le zone non classificate a causa dell'elevata copertura di macrofite

13 Mappatura del cambiamento di copertura/uso del suolo da telerilevamento

Mariano Bresciani
Claudia Giardino
Paolo Villa

13.1 Introduzione

La qualità dell'acqua è pesantemente influenzata dalle attività antropiche e produttive che insistono sul bacino idrografico del corso o dello specchio d'acqua analizzato. La salute di molte forme di vita che esistono e coesistono all'interno di tale bacino, ivi compresa la popolazione umana, dipende strettamente dalla qualità delle acque a loro disposizione. Perciò, esistono legami e relazioni tra la qualità dell'acqua di un lago, a maggior ragione per il Trasimeno, che è un lago chiuso e con poco ricambio, e l'uso che l'uomo fa del territorio che compone il bacino dello stesso lago, territorio e attività da cui hanno origine gli inquinanti che il lago inevitabilmente raccoglie.

Il telerilevamento e l'Osservazione della Terra sono uno strumento potente e accessibile per le analisi interdisciplinari (idrologia, consumo di suolo, ecologia, gestione del territorio) che studiano l'ecosistema a scala di bacino.

Attraverso un'analisi distribuita nello spazio (grazie al punto di vista dall'alto che i dati telerilevati consentono di adottare) e nel tempo (grazie alla disponibilità di una varietà di dati telerilevati, soprattutto da satellite, a copertura degli ultimi 20-30 anni), le relazioni tra sviluppo nell'uso del suolo e la qualità delle acque nel bacino del Trasimeno possono essere analizzate e commentate.

Usando dati da satellite è possibile mappare con buona affidabilità lo stato e l'evoluzione temporale della copertura del suolo, così come derivare analisi di particolari come il cambiamento nel tessuto agricolo. Questi fenomeni sono stati studiati partendo da dati satellitari a media risoluzione che coprono un arco temporale di circa 30 anni (1979-2008). Da questi dati si è rilevata una situazione di decremento areale delle aree ad uso agricolo e un corrispondente incremento della parte naturale del territorio (aree boscate, pascoli e aree improduttive). Per quanto riguarda l'uso agricolo del territorio del bacino del Trasimeno, è stata rilevata una tendenza all'incremento della frammentazione e parcellizzazione dei campi agricoli, localizzata soprattutto nella parte affacciata sulle sponde nord-occidentali del lago.

I dati così ricavati possono essere integrati da altri dati *in situ* (attività produttive, demografia, ecc.) e dalla conoscenza delle dinamiche dell'area a scale intermedie per comprendere e localizzare meglio lo sviluppo delle problematiche ambientali che si riflettono inevitabilmente sulla qualità delle acque del lago Trasimeno.

13.2 Materiali e metodi

Per lo studio dei cambiamenti di copertura del suolo, è stato utilizzato un set di 5 immagini satellitari che coprono il periodo dal 1979 al 2008: le acquisizioni dei dati sono datate 1979 (Landsat MSS), 1988 (Landsat TM), 1998 (Landsat TM), 2003 (Terra ASTER), 2008 (ALOS AVNIR-2).

I dati satellitari sono stati processati, normalizzati e georiferiti nel sistema di riferimento Gauss Boaga – fuso 2 (datum Roma40). Una volta conclusa questa fase, dai dati sono state estratte aree campione rappresentative di 7 classi di copertura del suolo: Specchi d'acqua, Bosco collinare, Bosco di pianura, Terreno spoglio-improduttivo, Terreno agricolo suddiviso in vegetato, e non vegetato, sia a bassa che ad alta riflettività. Con l'uso di questi campioni è stato tarato un sistema di classificazione ad albero decisionale (fig. 39), capace di sfruttare, oltre al dato radiometrico, anche l'informazione di quota ricavata dal DTM SRTM-v2. Una volta classificate le immagini per tutte e cinque le date, alle mappe ricavate è stata sovrapposta l'informazione sulle aree urbanizzate ricavata dalla carta di copertura e uso del suolo CORINE, nelle sue due versioni riferite al 1990 e al 2000.

Tabella 5
Sommario descrittivo del dataset satellitare usato per la mappatura dello stato e cambiamento di compertura del suolo sul bacino del Trasimeno

Sensore (Satellite, Agenzia Spaziale)	*Risoluzione spaziale*	*Finestra temporale*	*Numero di immagini*	*Campi applicativi*
TM (Landsat-5, NASA)	30 m	07/08/1988 18/07/1998	2	Uso/Copertura del Suolo
MSS (Landsat-4, NASA)	80 m	22/05/1979	1	Uso/Copertura del Suolo
AVNIR-2 (ALOS, ESA-JAXA)	10 m	23/06/2008	1	Uso/Copertura del Suolo, Vegetazione acquatica
ASTER (Terra, NASA)	15 m[a]	22/06/2003	1	Uso/Copertura del Suolo, Vegetazione acquatica

([a]) per le bande spettrali utilizzate ai fini di questo studio

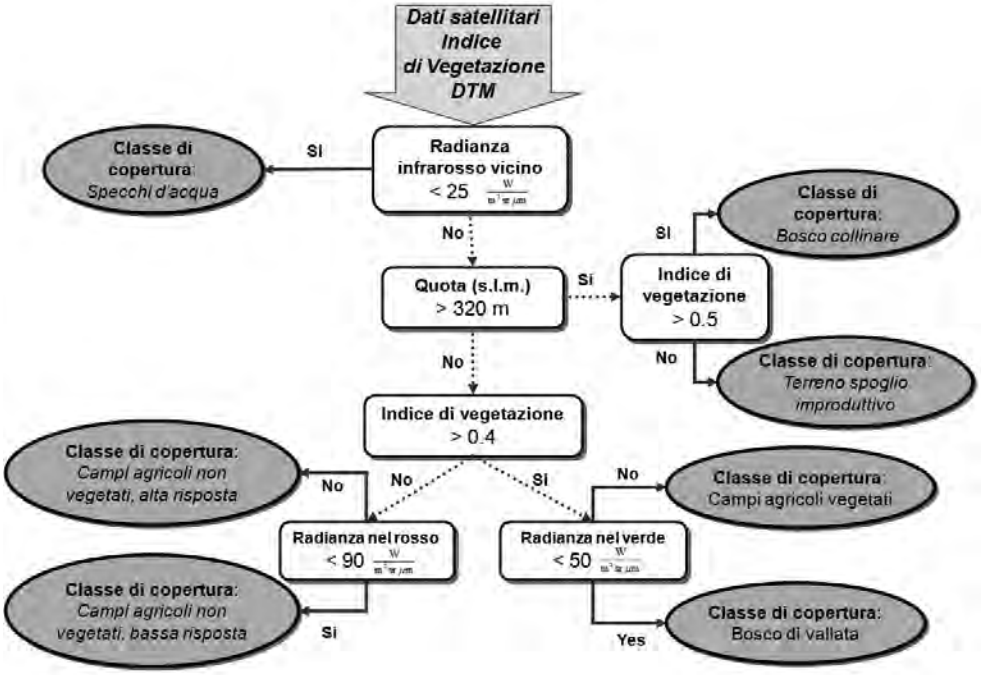


Fig. 39.

Schema di classificazione ad albero adottato per la mappatura di copertura del suolo del bacino del Trasimeno

13.3 Risultati

I risultati di mappatura della copertura del suolo (fig. 40), derivati dai dati satellitari come descritto in precedenza, evidenziano le dinamiche di cambiamento territoriale del bacino del Trasimeno nel periodo 1979-2008. Le percentuali di copertura sono espresso in tab. 6; tralasciando le considerazioni il lieve incremento nella componente urbanizzata, ricavata da dati CORINE per il 1990 e il 2000, e fatte salve le variazioni di estensione degli specchi d'acqua (legate anche alle differenze di stagionalità delle acquisizioni satellitari), il dato fondamentale che emerge dall'analisi dei cambiamenti è un discreto decremento nella superficie totale delle aree ad uso agricolo e seminativo (somma delle classi Campi agricoli vegetati e non vegetati), a partire dai primi anni '90, e che coincide con un relativo incremento delle aree a bosco e improduttive (somma delle classi Bosco collinare, Bosco di pianura e Terreno spoglio-improduttivo). Si passa infatti da una percentuale di territorio ad uso agricolo-seminativo sul totale del bacino del Trasimeno vicina al 35% nel 1988, ad una percentuale di quasi il 31% nel 2008, mentre le aree improduttive e a bosco crescono dal 23% del 1988 al 27% del 2008.

Un semplice confronto con dati ricavati da studi differenti (Boggia e Pennacchi, 1999) mostra che nel 1999 venivano stimati un totale di 10729 ettari utilizzati come seminativi su tutto il bacino, contro i 10191 ettari ricavati dalla classificazione dei dati telerilevati relative al 1998. Questa situazione, pur rappresentando una leggera sottostima, è indice di discreta affidabilità dei risultati raggiunti nell'analisi dei cambiamenti con dati satellitari.

Tabella 6
Stato ed evoluzione della copertura del suolo sul bacino del Trasimeno derivanti dall'analisi dei dati satellitari, ed espressi in percentuale sull'estensione del bacino, dal 1979 al 2008

Class	*MSS 1979*	*TM 1988*	*TM 1998*	*ASTER 2003*	*ALOS 2008*
Urbano*	2.76	2.76	2.87	2.87	2.87
Specchi d'acqua	39.17	39.13	39.16	38.94	39.07
Campi agricoli**	34.66	34.85	33.25	32.78	30.87
Terreno spoglio-improduttivo	7.25	9.05	7.03	7.50	4.91
Bosco***	16.16	14.21	17.68	17.91	22.27

(*) provenienti da dati CORINE Land Cover del 1990 e 2000
(**) provenienti dalla fusione delle classi Campi agricoli vegetati e Campi agricoli non vegetati (ad alta e bassa riflettività)
(***) provenienti dalla fusione delle classi di Bosco collinare e Bosco di pianura

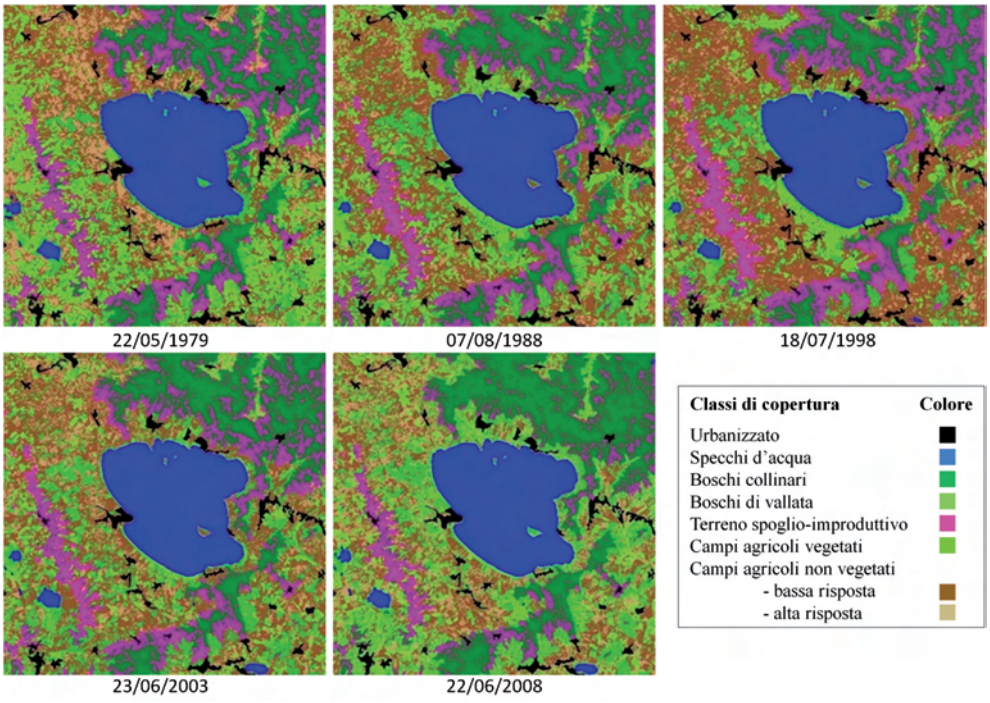


Fig. 40.

Mappe di copertura del suolo per l'area coperta dai dati satellitari nell'intorno del bacino del Trasimeno, corredate con relativa legenda

13.4 Evoluzione del territorio agricolo

L'ultima fase del lavoro sui dati di copertura del suolo ricavati da satellite è costituita dall'analisi multi-temporale della frammentazione del territorio agricolo sul bacino lacustre.

A questo scopo, le aree già classificate come Campi agricoli (vegetati e non) sono state segmentate e restituite sotto forma di poligoni che rappresentano particelle omogenee dedicate ad uso agricolo. L'analisi della frammentazione di tali aree è stato poi condotto su una griglia regolare costituita da celle di dimensioni 1km x 1km (1 ha), in modo da ridurre l'influenza di possibili discrepanze ed errori di segmentazione alla microscala locale.

I risultati di frammentazione delle aree agricole sono mostrati in fig. 41 per ogni anno indagato: 1979, 1988, 1998, 2003 e 2008, dove la legenda esprime il numero di poligoni agricoli contenuti in ogni cella chilometrica. Questo dato è indicativo della frammentazione a livello locale, ove un numero elevato di poligoni è legato a una maggiore frammentazione, con appezzamenti di dimensione ridotta dedicate a colture omogenee, mentre un numero basso di poligoni indica una minore frammentazione, legata a una dimensione maggiore degli appezzamenti colturali.

Nella tab. 7 sono illustrate le distribuzioni percentuali della frammentazione del territorio agricolo su tutto il

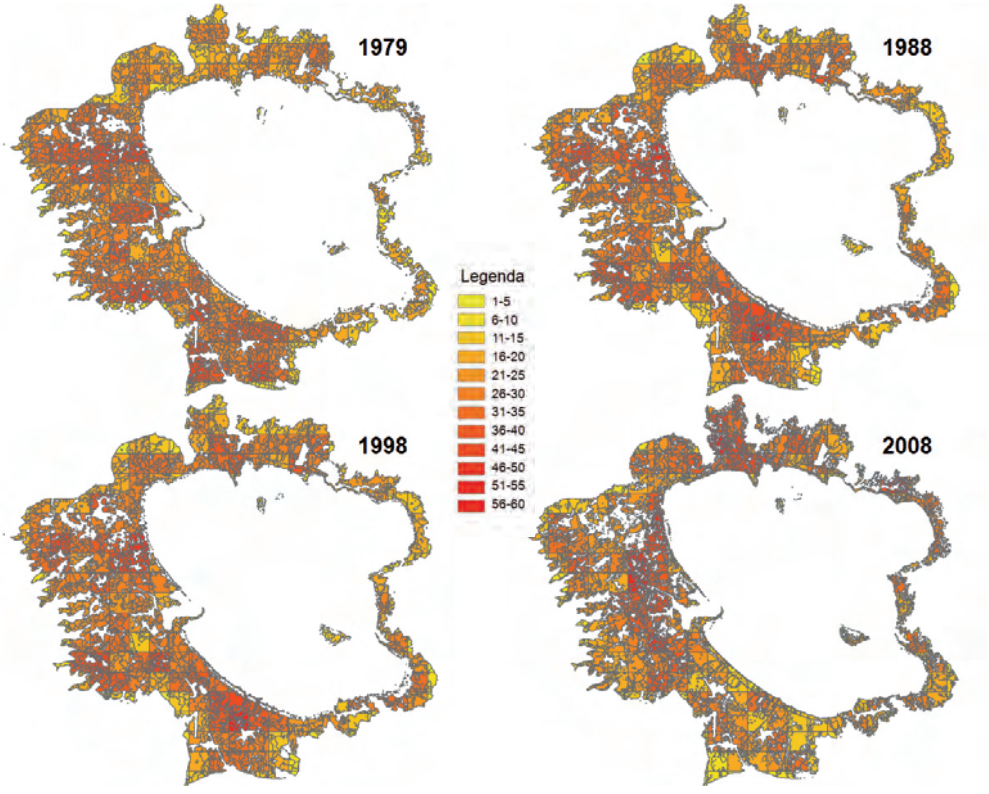


Fig. 41.

Distribuzione spaziale della frammentazione del territorio agricolo su celle di 1km x 1km sul bacino del Trasimeno

bacino del Trasimeno, per ogni periodo studiato: in particolare, per ogni intervallo di numero di poligoni (suddivisi in range da 5 poligoni) è descritta la percentuale di celle relative, corrispondenti agli anni 1979, 1988, 1998 e 2008.

Da ultimo è stato analizzato il cambiamento nella frammentazione delle aree agricole, tramite la differenza cella per cella (1 km x 1km) nel numero di poligoni contenuti, analisi realizzata sugli archi temporali decennali cor-

Tabella 7
Frammentazione del tessuto agricolo nel bacino del Trasimeno, espressa come frequenza relativa percentuale del numero di poligoni derivanti da segmentazione delle immagini satellitari sulle celle di 1km x 1km, per ognuno degli anni analizzati

Poligoni in 1 km²	*Frequenza relativa*				
	1979	*1988*	*1998*	*2003*	*2008*
1-5	14.7%	15.0%	15.9%	15.4%	14.1%
6-10	15.6%	11.9%	12.3%	7.0%	13.2%
11-15	13.8%	13.2%	14.1%	14.1%	12.3%
16-20	11.2%	13.7%	13.2%	11.9%	13.7%
21-25	11.2%	8.8%	17.6%	9.3%	15.0%
26-30	14.7%	16.3%	14.5%	16.3%	11.9%
31-35	8.5%	10.6%	6.2%	14.1%	7.9%
36-40	6.7%	6.6%	4.4%	7.0%	6.6%
41-45	3.6%	3.1%	1.3%	2.2%	2.6%
46-50	0.0%	0.4%	0.4%	1.8%	1.8%
51-55	0.0%	0.4%	0.0%	0.4%	0.9%
56-60	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%

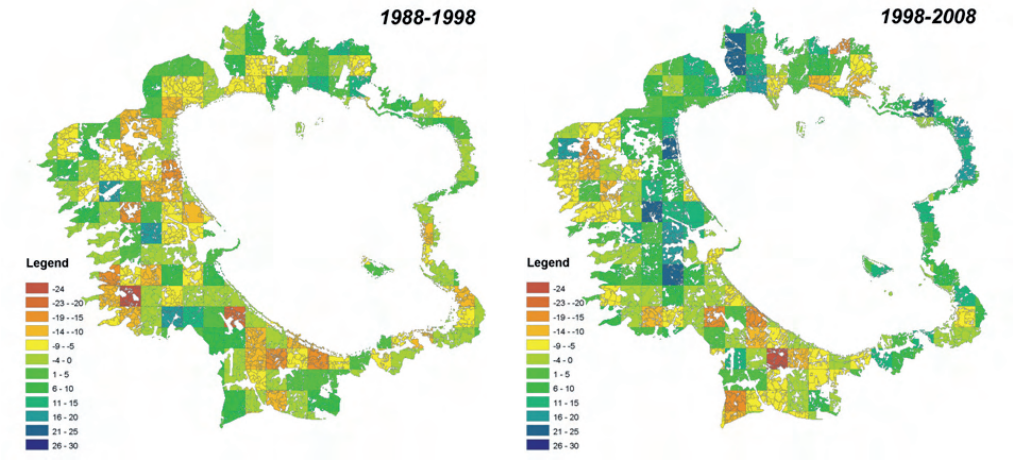


Fig. 42.

Cambiamenti decennali nella frammentazione delle aree agricole (aumento o diminuzione del numero di poligoni per cella chilometrica) sul bacino del Trasimeno nei periodi 1988-1998 e 1998-2008

rispondenti al 1988-1998 e al 1998-2008. In questo contesto, una diminuzione del numero di poligoni all'interno di una cella indica una tendenza all'omogeneizzazione e all'aumento della dimensione media degli appezzamenti dedicati all'utilizzo agricolo, mentre un aumento del numero di poligoni per cella indica una tendenza viceversa alla parcellizzazione del territorio agricolo e alla relativa diminuzione delle dimensioni medie degli appezzamenti.

Questa evoluzione è mostrata in fig. 42, dalla quale non emergono pattern specifici di cambiamento, se non una prevalenza lieve nell'aumento della frammentazione agricola sulla sponda sud-occidentale del lago Trasimeno. C'è comunque da aggiungere che, essendo gran parte del territorio del bacino destinato ad uso agricolo concentrato in questa fascia sud-occidentale, la situazione del cambiamento è coerente con le condizioni di uso del suolo riscontrate in quell'area specifica.

Ringraziamenti

Si ringrazia tutto il personale di Arpa Umbria per i dati condivisi, M. Musanti del CNR-IREA di Milano per la preziosa attività di campo, A. Oggioni (CNR-ISE), M. Bartoli e D. Longhi (Università di Parma) per le analisi di laboratorio.

Si ringraziano inoltre L. Boschetti (University of Maryland) per i dati MODIS e M. Boschetti e D. Stroppiana (CNR-IREA) per le discussioni e i consigli statistici e metodologici. Le immagini MERIS sono state acquisite tramite il progetto ESA AO-553 MELINOS. I dati MIVIS sono stati acquisiti dalla Blom-CGR di Parma.

Pubblicazioni inerenti il Progetto

Giardino C., Bresciani M., Villa P., Martinelli A. (2010) - *Application of remote sensing in water resource management: the case study of Lake Trasimeno, Italy*, Water Resources Management, Vol. 24, n° 14, pp: 3885-3899, ISSN: 0920-4741.

Bresciani M., Giardino C., Musanti M., Martinelli A., Taramelli A.,Valentini E. (2010) *Mappatura delle macrofite del lago Trasimeno tramite tecniche di Telerilevamento,* Volume 3 Macrofite e Ambiente Conferenza SITE 2009, pp: 241-251.

Bresciani M., Giardino C., Musanti M. (2009) *Il Telerilevamento per lo studio dei canneti del Trasimeno*, Micron (eds. Arpa Umbria), anno VI, n° 11, pp: 37-40, 2009.

Taramelli A., Giardino C., Gasperini L., del Bianco F., Bresciani M., Valentini E., Pizzimenti L., Zucca F., Disperati L. (2010). *Biophysical and morphological study of coastal habitats from imaging spectrometry, lidar and in situ data acquisition*, Hyperspectral Workshop, ESRIN, 17-19 Marzo 2010, Frascati, Italy.

Bresciani M., Stroppiana D., Fila G., Montagna M., Giardino C, (2009)- *Monitoring reed vegetation in environmentally sensitive areas in Italy. Italian Journal of Remote Sensing*, Vol. 41 (2), pp: 125-137, 2009; IDS Number: 466WG, ISSN: 1129-8596.

Bresciani M., Giardino C., Villa P., Martinelli A. (2009) - *Satellite Remote sensing supports the implementation of management plans in Lake Trasimeno basin*, 33° International Symposium on Remote Sensing of Environment, 4-8 maggio 2009, Stresa. (Cd-Rom), 2009.

Giardino C., Brando V.E., Dekker A.G., Oggioni A., Bresciani M. (2008) - *Improving satellite remote sensing products for the largest italian lakes*. Ocean Optics XIX, 6-10 Ottobre 2008 Barga, Italy, (Cd-Rom) 2008.

Giardino C., Bresciani M., Brando V.E., Dekker A.G. (2008) - *Observations of the largest Italian lakes from MERIS. 2nd MERIS/(A)ATSR User Workshop*, 22-26 September 2008, Frascati, Italy, ESA SP-666.

Bresciani M., Giardino C., Martinelli A. (2009). *Analisi multi-temporale delle sostanze gialle delle acque del Trasimeno da dati MERIS*. 13° Conferenza Nazionale ASITA, Bari, Italy, 1-4 Dicembre 2009, pp. 525-530.

Martinelli A., Bresciani M., Charavgis F., Ciccarelli E., Giardino C., Morgantini N. (2009). *La capacità di sviluppo delle conoscenza ambientale a supporto della tutela delle risorse idriche: caso del Lago Trasimeno*. Conf. Agenzie ISPRA 1-3 Aprile, 2009, pp:470-484.

Bresciani M., Giardino C., Martinelli A. (2009). *Stima dei valori di trasparenza delle acque del Trasimeno da immagini satellitari*. VIII giornata dell'acqua Accademia dei Lincei Convegno: Acque interne in Italia: il bacino del Tevere. Roma, Italia, 23 Marzo 2009 pp: 163-170.

Bibliografia

Babin M., Stramski D., Ferrari G. M., Claustre H., Bricaud A., Obolensky G., Hoepffner N. (2003) - *Variations in the light absorption coefficients of phytoplankton, nonalgal particles, and dissolved organic matter in coastal waters around Europe,* Journal of Geophysical Research, VOL. 108, NO. C7, 3211, 4.1-4.20.

Boggia A., Pennacchi F. (1999) - *Sviluppo agricolo sostenibile del bacino del lago Trasimeno.* Dipartimento di Scienze Economiche ed Estimative – UNIPG, ARUSIA. Regione Umbria. Italy.

Bresciani M., Stroppiana D., Fila G., Montagna M., Giardino C. (2009) - *Monitoring reed vegetation in environmentally sensitive areas in Italy*, Italian Journal of Remote Sensing, Vol. 41 (2), pp: 125-137, 2009; IDS Number: 466WG, ISSN: 1129-8596.

Brivio P. A., Giardino C., Zilioli E. (2001). *Determination of chlorophyll concentration changes in Lake Garda using an image-based radiative transfer code for Landsat TM images.* International Journal of Remote Sensing, 22, 487-502.

Cecchetti A., Ficola M., Lazzerini G., Pedini A., Segantini F. (2005) - *Vegetazione, habitat di interesse comunitario, uso del suolo del Parco lago Trasimeno*. Relazione Parco del lago Trasimeno.

Chambers P.A., Lacoul P., Murphy K.J., Thomaz M. (2008) - *Global diversity of aquatic Macrophytes in freshwater*. Hydrobiologia 595:9-26.

Clevering O. (1998). *An investigation into the effects of nitrogen on growth and morphology of stable and die-back populations of Phragmites australis*. Aquatic Botany, 60: 11-25.

Dekker A. G., Brando V. E., Anstee J. M., Pinnel N., Kutser T., Hoogenboom H. J., Pasterkamp R., Peters S. W. M., Vos R. J., Olbert C., Malthus T. J. (2001). I*maging spectrometry of water. In: Imaging Spectrometry: Basic principles and prospective applications*, vol. IV, Remote Sensing and Digital Image Processing, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, 307-359.

Giardino C. (2006). *Tecniche di Telerilevamento per la qualità delle acque*. Acqua e Aria, 3-2006, pp14-17, ISSN 1591-237x.

Giardino C., Bartoli, M., Candiani, G., Bresciani, M. & Pellegrini, L. (2007). *Recent changes in macrophyte colonisation patterns: an imaging spectrometry-based evaluation of southern Lake Garda* (northern Italy). Journal of Applied Remote Sensing (SPIE), Vol. 1, 011509.

Gigante D., Ferranti F., Reale L., Venanzoni R. & Zuccarello, V. (2010) *Nuovi dati sul declino della popolazione di Phragmites australis al Lago Trasimeno.* In: Macrofite e Ambiente Vol. 3 XIX Congresso S.It.E., Bolzano 2009, pp 23-41.

Gons H.J., Hakvoort H., Peters S.W.M., Simis S. G.H. (2005). *Optical detection of cyanobacterial blooms. In: J. Huisman H.C.P. Matthijs and P.M. Visser* (eds.), Harmful Cyanobacteria, 177–199. © 2005 Springer. Printed in the Netherlands.

Kutser T., Jupp D. L. B. (2006). *On the possibility of mapping living corals to the species level based on their optical signatures*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 69:607-614

Kutser T., Metsamaa L., Dekker A. G. (2008). *Influence of the vertical distribution of cyanobacteria in the water column on the remote sensing signal Estuarine*. Coastal and Shelf Science 78 (2008) 649-654.

Lindell T., Pierson D., Premazzi G., Zilioli, E. (1999) - *Manual for monitoring European lakes using remote sensing techniques*. In: EUR Report n. 18665 EN, 164 pp.

Morel A., Prieur L. (1977) - *Analysis of variations in ocean color*, Limnology Oceanography. 22: 709-722.

Rouse J.W.R., Haas H., Schell J.A., Deering D.W. (1973) - *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 309-317.

Van der Putten W. H., Peters B. A. M., Van den Berg M. S. (1997). *Effect of litter on substrate conditions and growth of emergent macrophytes.* New Phytologist, 135: 527-537

Quinta parte

Salvaguardia e recupero ambientale

Sintesi

Gli interventi sul lago e per il lago sono stati nei decenni recenti al centro degli strumenti pianificatori promossi dalle istituzioni, invocando la salvaguardia dello stesso e sviluppando azioni per lo più settoriali non sottoposte a verifica dei reali effetti prodotti.

Esistono molte proposte attuative che hanno bisogno di essere integrate tra di loro, in particolare per gli aspetti collegati alle Direttive Acque ed Habitat, partendo da un elemento imprescindibile: una adeguata valutazione ambientale ed ecologica del lago, ad oggi ancora non disponibile, ma in costruzione, che veda la biosfera al centro dell'equilibrio difficile di un lago laminare.

L'ittiocenosi del lago Trasimeno ricalca le caratteristiche dei laghi italiani di pianura, laminari e meso-eutrofi: è dominata dai Ciprinidi limnofili, associati a predatori. Elevato è il numero di specie esotiche, tra le quali il carassio dorato che ha raggiunto numeri particolarmente elevati.

Tale specie rappresenta una minaccia in quanto è in grado di indurre cambiamenti a livello ecosistemico, con importanti ripercussioni su varie componenti ambientali del lago. La pesca, mediante la regolamentazione delle diverse forme di prelievo, può esercitare un ruolo fondamentale per ovviare a tali squilibri biologici, attraverso un prelievo diretto

Summary

In recent decades, intervention to protect the lake has been made a priority in projects planned and promoted by the authorities. Action has been carried out but it has been mostly sectorial and not subject to any verification of the actual effects produced.

There have been many proposals for intervention forwarded, and these need to be integrated, particularly with regard to those aspects linked to the Water and Habitat Directive, and to have as a base one fundamental process, which is still not available but under way - an adequate environmental and ecological assessment of the lake, where the biosphere is considered central to the delicate balance of a shallow lake.

The fish community of Trasimeno Lake has the typical characteristics of that of other shallow and meso-eutrophic lakes located on Italy's plains. It is dominated by limnophilic cyprinids associated with predators. Exotic species are numerous, including *Carassius auratus* which has reached a very high abundance.

This species is a threat in that it is able to induce changes in the ecosystem with significant repercussions on various environmental components of the lake. Fishing, by regulating the different types of yield, may have an essential role in compensating for these biological imba-

delle specie esotiche più abbondanti o mediante azioni indirette di manipolazione delle catene alimentari. Fondamentale per raggiungere tali obiettivi è la conoscenza degli stock ittici presenti nel lago ed il monitoraggio dello sforzo pesca e del prelievo.

Comunità importante e fondamentale per l'equilibrio del lago, al pari della fauna ittica, è quella delle macrofite sommerse radicate. Il loro ruolo è determinante per garantire la stabilizzazione ed ossigenazione dei sedimenti, il "seppellimento" del fosforo, la riossidazione del metano, l'allontanamento dell'azoto per denitrificazione.

Tutto ciò porta alla conservazione o al recupero qualitativo di un lago piatto, condizione tipicamente rappresentata da un lago ad acque limpide, in contrasto con lo stato torbido dominato dal fitoplancton e dalla circolazione di sedimenti.

Favorendo la minimizzazione dei carichi esterni, di origine civile, industriale ed agro-zootecnica, nonché il trasporto dei sedimenti dalla rete dei fossi/canali, il controllo dei carichi interni, connessi alla biomassa ed ai sedimenti, può essere attuato con una gestione ecocompatibile della zona umida costiera e con interventi di biomanipolazione per il riequilibrio della vegetazione sommersa (reimpianti, *enclusures*).

Particolare attenzione deve essere posta ad evitare effetti nefasti dovuti al dragaggio dei sedimenti, al taglio sistematico della vegetazione acquatica e del canneto in acqua.

Un cambio di approccio culturale al problema favorirà il raggiungimento del buono stato ambientale: conoscenza, studio e partecipazione pubblica sono le basi per valutazioni e scelte alla base di un piano di gestione integrato a tutela del bacino lacustre e delle sue popolazioni.

lances. It can have a direct effect, when the most abundant exotic species are fished, or indirect, when the trophic chains are manipulated. To this end it is essential to have quantitative information on the fish resource and to monitor the fishing activity and catches.

An important community, and fundamental, along with fish fauna, for the balance of the lake, is the community of submerged rooted macrophytes. These have a fundamental role in guaranteeing the stabilization and oxidation of sediments, the "burial" of phosphorus, the re-oxidation of methane, and the removal of nitrogen due to denitrification.

All this leads to the conservation of and improvement in the quality of a flat lake, a typical sign being clear waters, as opposed to the turbid waters dominated by phytoplankton and sediment circulation.

By reducing to a minimum the external loads of civil, agricultural and livestock origin, as well as the transport of sediments from the network of ditches and channels, the internal load, linked to the biomass and the sediments, can be controlled, through eco-friendly management of the wet coastal zone and biomanipulation to restore balance in the submerged vegetation. (transplants, enclosures).

Particular attention must be placed on avoiding negative effects due to dredging of sediments, and the systematic cutting of aquatic vegetation and reeds in the water.

A change in the cultural approach to the problem would favour achieving a good environmental state for the lake. Information, research and involvement of the public are the basis for assessments and choices on which to construct an integrated management plan for the protection of the lake and its communities.

14 Gli strumenti di pianificazione e le strategie di salvaguardia da condividere

Angiolo Martinelli

14.1 Introduzione

Negli anni recenti gli interventi sull'ambiente del lago sono andati avanti di pari passo con lo sviluppo delle azioni di pianificazione e gestione del territorio da parte degli enti preposti.

Ciascuno per il proprio ambito di competenza ha promosso e realizzato quanto gli è stato possibile, secondo logiche di priorità spesso in linea con tutti gli strumenti pianificatori.

Azioni importanti in molti casi centrate sullo sviluppo del lago, inteso come contesto economico, come sostegno alle economie di settore, alle imprese ed ai cittadini.

La problematica ambientale è stata sempre citata come elemento imprescindibile all'interno del quale assicurare tale sviluppo.

Nelle valutazioni, nei programmi di finanziamento, nell'informazione ambientale, lo stato del lago e del suo comprensorio è stato giudicato o dichiarato varie condizioni: pessimistiche, quando si trattava di motivare e richiedere azioni d'intervento, con relativi finanziamenti; ottimistiche quando si trattata di informare i cittadini, i turisti, le altre istituzioni, quasi non se ne potesse dare un giudizio negativo (abbastanza buono, balneabile, nonostante tutto in uno stato sufficiente).

Se qualche norma (ad esempio il D.Lgs. 152/99, e il DPR 470/82) lo dava in cattivo stato, si promuovevano obiezioni e deroghe derivanti dalle sue caratteristiche di ambiente lacustre poco profondo, intorbidato dai venti e dal moto ondoso, ostruito dalle alghe, con spiagge inadatte per il fondale fangoso.

La verità è rimasta e rimane tuttora sospesa, tra la propensione a dubitare delle regole e la "richiesta di fiducia" su un punto di vista "localistico", che evita di mettere sul tavolo dati, analisi e valutazioni metodologicamente corrette.

Non si tratta ora di ricominciare daccapo, piuttosto di chiarire che fraintendimenti e proclami non bastano a tutelare un contesto ambientale complesso, ma regolato da equilibri che possono essere ben definiti e compresi.

Avere una chiara valutazione dello stato ambientale e delle sue criticità è indispensabile per poter "sincroniz-

zare" le misure di intervento tra tutti i soggetti istituzionali e non che intervengono, così come fissare gli obiettivi da raggiungere, stabilire il modo in cui svilupparli e monitorare l'efficacia delle azioni previste.

La trasversalità delle problematiche ambientali e di gestione del territorio mal si collega con la distribuzione dei ruoli istituzionali e delle competenze in genere molto settorializzate: strumenti quali la VAS (parte II del D.Lgs. 152/06), da poco divenuti obbligatori e tuttora in fase di sviluppo, hanno proprio la finalità di interfacciare le differenti pianificazioni, con il coinvolgimento di cittadini, associazioni ed istituzioni.

Esistono inoltre richiami all'integrazione delle politiche ambientali che vale la pena ricordare, in particolare quelli che riguardano le direttive acque (WFD DIR 2000/60CE e DIR 2007/60CE) e le direttive sulle aree protette (Uccelli DIR79/409CEE, Habitat DIR 92/43CEE, DIR 2009/147CE):

- l'art. 77 comma 4 del D.Lgs. 152/06 sugli obiettivi di qualità ambientale delle acque nelle aree protette;
- l'art. 7 comma 4 del D.Lgs. 49/2010 sui piani di gestione alluvioni che devono tener conto degli obiettivi ambientali e della conservazione della natura.

La stessa Commissione Europea, che ha emanato in tempi e forme diverse le varie direttive sopra richiamate, ha recentemente cominciato a chiedersi come e dove le stesse devono trovare punti comuni di decisione e di azione (European Commission – DG ENV, 2010).

In particolare cerca di vedere le relazioni tra il buono stato ecologico delle acque per la WFD e lo stato favorevole alla conservazione delle specie per la direttiva Habitat, chiedendosi se specie protette o habitat da tutelare possano coesistere con un non buono stato ecologico delle acque, affermando che in generale le necessità della direttiva Habitat richiedono condizioni di tutela più stringenti e non connesse solo alla qualità delle acque.

In questo capitolo si citano alcune delle strategie che le istituzioni hanno o intendono sviluppare sul lago ed il suo territorio, in particolare quelle che, sul piano operativo e dei vincoli, potranno essere elementi di supporto o limitazione per un futuro riallineamento delle strategie ambientali.

In particolare, si segnalano alcuni elementi significativi contenuti negli strumenti esistenti a livello di bacino, regionale, provinciale, del Parco regionale e delle aree protette, strumenti operativi o semplicemente proposte in adeguamento alle norme nazionali e comunitarie.

I documenti citati, o parzailmente riportati nel testo, sono consultabili per esteso nell'archivio documentale prodotto dal progetto all'origine di questo studio.

14.2 La Provincia ed il progetto di sviluppo sostenibile dell'area del Trasimeno (PSSAT 2004-9)

Nella fase di raccolta documentale del Progetto Trasimeno, l'Area Ambiente della Provincia di Perugia ha fornito un interessante documento di programmazione integrata per il Trasimeno, dal titolo "Progetto di sviluppo sostenibile dell'area del Trasimeno (PSSAT 2004-9)".

Esiste un riferimento amministrativo di una sua adozione, Atto di Giunta Provinciale n. 619 del 9 ottobre 2006, ma non si trovano elementi di divulgazione tali da ritenere che sia stato utilizzato per indirizzare e coordinare le azioni degli enti locali.

Riteniamo utile, quindi, dare visibilità a quanto ivi contenuto, nella speran-

za che nel prosieguo si arrivi a ribadire concetti importanti di tutela ambientale e sviluppo compatibile del territorio lacuale adottando i moderni principi della partecipazione pubblica alle decisioni, da affiancare ad un diritto all'informazione e trasparenza che la logica comune ritiene acquisito.

Il documento è introdotto da una prefazione dell'assessore all'Ambiente, che dice:

"Il Comprensorio del Trasimeno è, da numerosi decenni, oggetto della cura e dell'interesse della Provincia di Perugia, in quanto coinvolta nella gestione, promozione e valorizzazione di quest'area di importanza strategica, sia grazie alle funzioni generali in materia di ambiente contenute nelle normative di riferimento, sia attraverso il ruolo di coordinamento e programmazione di interventi in vaste aree del territorio provinciale, sia per delega della Regione dell'Umbria, che le ha affidato dal 1980 tutte le funzioni di gestione delle attività tecnico amministrative dell'area.

Il bacino del Lago, le tre Isole e la superficie demaniale sono inoltre inserite dal 1995 nell'Area Naturale Protetta "Parco del Trasimeno", gestita dal Consorzio, di cui la Provincia riveste il ruolo istituzionale di Vice Presidenza.

Allo scopo di consolidare e rafforzare tali funzioni l'Ente ha recentemente richiesto [...] l'ammissione nell'organizzazione "Living Lakes", la più grande associazione internazionale di laghi riconosciuta dall'ONU che, attraverso la Global Nature Fund gestisce le attività di cooperazione e valorizzazione dei sistemi lacustri fra loro associati.

Il Trasimeno è luogo naturalmente deputato allo sviluppo di progetti che hanno come obiettivo la valorizzazione del filone ambiente – cultura – turismo e che vedono la compartecipazione di soggetti pubblici e/o privati, interessati a conservare quella stretta interconnessione fra valenze naturalistiche, paesaggistiche, storiche e culturali che si intrecciano in un equilibrio difficilmente reperibile altrove.

Allo scopo di rendere quest'area un modello su scala reale delle Politiche di Sviluppo Sostenibile all'interno della Regione dell'Umbria si sono realizzati studi e ricerche, progetti ed interventi, che vengono presentati negli strumenti di pianificazione e regolamentazione vigenti e nelle linee di finanziamento europee, ministeriali, regionali o semplicemente sostenuti sia dagli Enti Pubblici interessati, che da soggetti privati particolarmente sensibili alle tematiche ambientali.

A volte le iniziative e i tavoli di lavoro si sovrappongono, ovvero si manifestano iniziative isolate che necessiterebbero del raccordo con altri settori per essere effettivamente incisive e avere carattere di continuità. La convinzione che è maturata nel tempo grazie a queste esperienze è quella che occorre individuare forme più alte di concertazione tra le Istituzioni Pubbliche e tra esse e le categorie economiche e sociali per la realizzazione di uno sviluppo "integrato" del territorio anche attraverso le forme del marketing territoriale.

In questo senso il programma portato avanti da Agenda 21 Locale Altro Lago ha avuto la grande valenza di riunire nei forum partecipativi e nel piano d'azione locale tutti i portatori di interesse sia pubblici che privati [...]

La qualità del territorio dal punto di vista ambientale, paesaggistico ed edilizio, delle attività economiche che vi si svolgono, i procedimenti e i servizi della Pubblica Amministrazione, devono essere ricondotti all'interno di un unico "Progetto di sviluppo sostenibile dell'area del Trasimeno" affinché si possano prevedere le azioni in maniera programmata e continuativa e facendo di questo il principale elemento di marketing territoriale di area per il prossimo decennio.

Un "Progetto di sviluppo sostenibile dell'area del Trasimeno " deve porsi l'obiettivo di tirare a sintesi e in maniera coordinata ed integrata tutti gli strumenti di programmazione e regolamentazione che si sono sviluppati in questi anni, alcuni dei quali necessitano di un aggiornamento, mentre altri devono essere ancora redatti come ad esempio quelli riguardanti l'agricoltura, la zootecnia e la pesca.

Un PSSAT quindi, che deve coinvolgere tutti i portatori di interesse pubblici e privati oltre al mondo della scienza e della cultura, a partire dall'Università.

La Provincia si pone come capofila di questa iniziativa che coinvolge Regione, Comunità Montana, Ente Parco, gli 8 Comuni dell'area, attraver-

so un confronto continuo, un percorso condiviso e partecipato, finalizzato alla redazione di un Piano strategico che progetta e produce iniziative [...] garantendo uno sviluppo equilibrato, durevole e compatibile con le risorse territoriali. [...]"

La struttura del documento riporta i seguenti capitoli:

- Fase preliminare di completamento ed aggiornamento analisi ambientale del comprensorio del Trasimeno
- Creazione ed ufficializzazione del tavolo di coordinamento per la realizzazione del PSSAT (Comunità Montana, enti locali, Regione, Provincia, etc.)
- Asse 1 - Gestione e controllo del bacino dal punto di vista idrogeologico e di bilancio idrico
- Asse 2 – Piano di sostenibilità agricola del territorio
- Asse 3 – Piano di gestione ittica e della pesca
- Asse 4 – Pianificazione delle filiere di produzione di energia rinnovabile
- Asse 5 – Piano pluriennale di ricerca ed innovazione
- Asse 6 – Piano di coordinamento urbanistico comprensoriale
- Asse 7 - Piano qualità territoriale
- Asse 8 - Interventi in campo socio-economico.

Riportiamo i contenuti degli assi a maggiore pertinenza ambientale, contenenti proposte ed idee che ricorrono già in molte altre parti ed atti qui citati, buone intenzioni e prospettive più controverse che saranno chiamate in causa nelle conclusioni del capitolo.

Il progetto di sviluppo sostenibile dell'area del Trasimeno (PSSAT 2004-9) della Provincia di Perugia

ASSE 1: Gestione e controllo del bacino dal punto di vista idrogeologico e di bilancio idrico

AZIONE 1.1 Gestione e controllo del bacino del lago

L'azione si esplica nei termini del mantenimento degli impegni per il recupero del deficit idrico, del livello idrometrico, della manutenzione della rete idrografica e più specificatamente nell'asportazione dei sedimenti di fondo, nella diminuzione del trasporto solido verso lo specchio lacuale, in interventi di manutenzione idrogeologica.

AZIONE 1.2 Sviluppo di un Piano di bonifica Comprensoriale.

L'azione prevede interventi di sistemazioni idraulico agrarie, compresa la loro manutenzione, e la bonifica idraulica del reticolo idrografico minore. Per il raggiungimento degli obiettivi si prevede la partecipazione obbligatoria di cespiti privati sia urbani che agricoli e degli Enti locali competenti come la Comunità Montana.

AZIONE 1.3 Quantità e qualità delle acque del lago Trasimeno

Si tratta dell'impegno diretto ed indiretto, in relazione all'esercizio di competenze proprie della Provincia di Perugia e al sostegno rispetto alle funzioni di altri Enti, su progetti ed interventi:

- realizzazione delle opere di adduzione principale necessarie all'allaccio del sistema idrico proveniente dall'invaso di Montedoglio delle reti irrigue precedentemente alimentate dalle acque lacustri;
- gestione del canneto come supporto naturale alla depurazione delle acque;
- realizzazione del futuro depuratore unico dei reflui civili provenienti da tutti i comuni del Trasimeno.

ASSE 2: Piano di sostenibilità agricola del territorio

Gli obiettivi seguenti riguardano prioritariamente:

1. il risanamento, il miglioramento qualitativo e la tutela delle acque sia superficiali che sotterranee;
2. la manutenzione dei terreni agricoli attraverso l'adozione delle buone pratiche agricole;
3. la gestione sostenibile delle produzioni agricole.

Questo dovrà essere realizzato attraverso l'individuazione di interventi specifici da condividere con gli altri Enti Locali e da confrontare con le politiche regionali per pervenire alla realizzazione di un vero e proprio Piano di Sostenibilità Agricola del Trasimeno o Programma Agroambientale attraverso le seguenti azioni:

AZIONE 2.1 Realizzazione di fasce tampone boscate

Per aumentare la capacità d'assorbimento degli elementi chimici (azoto e fosforo) da parte delle piante. Realizzazione quindi di strisce ripariali con larghezze adeguate di almeno 30 – 40 metri per rimuovere le eccedenze dei nutrienti e fertilizzanti chimici ed il loro trasporto verso i fossi.

AZIONE 2.2 Manutenzione del territorio

Aumento della capacità di scolo delle acque in rapporto stretto con le esigenze di carattere naturalistico per l'ecosistema. La manutenzione è intesa nell'ambito delle sistemazioni idraulico agrarie necessarie per un buon drenaggio dei terreni compresa la ripulitura dei fossi di scolo delle acque. In questa azione sono da prevedere interventi per una bassa profondità di lavorazione dei terreni, e l'introduzione del "minimum tillage" o "zero tillage" cioè di semine che prevedono una leggera lavorazione preparatoria dei terreni per la semina.

AZIONE 2.3 Estensivizzazione delle produzioni vegetali e valorizzazione delle risorse energetiche locali

Si tratta di favorire la riduzione del carico agro-zootecnico sul territorio, attraverso l'introduzione di ordinamenti colturali che scelgano colture poco idroesigenti, che individuino rotazioni colturali di lunga durata con l'introduzione di coltura miglioratrici della fertilità dei terreni. Si prevede inoltre il recupero di varietà autoctone al fine di evitare la loro estinzione e che abbiano come caratteristica la bassa produttività.

AZIONE 2.4 Riconversione delle colture, potenziamento del sistema biologico di produzione

Questa azione intende sviluppare sempre di più un sistema di produzione come quello biologico che è compatibile con le esigenze di difesa ambientale del territorio. Oltre a questo, l'obbligo di certificazione delle produzioni consente una ottima tracciabilità e controllo di tutte le fasi di produzione e trasformazione e si coniuga perfettamente con la valorizzazione delle produzioni tipiche del Trasimeno.

AZIONE 2.5 Gestione degli effluenti zootecnici, riequilibrio del rapporto ambiente territorio

È una azione prettamente legata alla tutela delle acque. È necessaria una campagna di promozione e diffusione delle diverse tecnologie di stoccaggio e di trasformazione degli effluenti zootecnici anche con lo sviluppo di sistemi per il recupero energetico piuttosto che il loro smaltimento con metodi tradizionali.

ASSE 3: Piano di gestione ittica e della pesca

AZIONE 3.1 Interventi integrati per la gestione della fauna ittica e lo sviluppo della pesca professionale. Promozione e valorizzazione del pescato

Si tratta di sperimentare nuove tecniche di gestione della fauna ai fini ambientali, ma anche tecniche per la pesca e la lavorazione del pescato compresa la sua commercializzazione, in collaborazione con le cooperative di pescatori, al fine di migliorare ed integrare ciò che le stesse stanno già effettuando.

AZIONE 3.2 Sviluppo della filiera della pesca

La realizzazione di una filiera integrata della pesca passa attraverso lo sviluppo delle seguenti fasi:

1. Differenziazione dei prodotti trasformati;
2. Tracciabilità delle produzioni;
3. Qualità delle produzioni e certificazioni;
4. Potenziamento e sviluppo del Centro Ittiogenico.

ASSE 4: Pianificazione delle filiere di produzione di energia rinnovabile

AZIONE 4.1 Utilizzo di biomasse provenienti dall'agricoltura e dall'attività di manutenzione per la produzione di energia

Si tratta di sviluppare filiere energetiche attraverso il recupero della biomassa derivante dalle manutenzioni del territorio (canneto, ripulitura sponde fluviali, ecc.) e dalle produzioni agricole.

AZIONE 4.2 Promozione e diffusione di sistemi alternativi di trasporto pubblico tramite energia solare fotovoltaica

Il trasporto pubblico, ed in particolare quello della navigazione del Lago, può avvalersi di impianti di energia fotovoltaica [...].

AZIONE 4.3 Promozione di intese di filiera

Lo scopo è quello di sviluppare la filiera agroenergetica, attraverso la valorizzazione, produzione, trasformazione, e commercializzazione di biomasse agricole e di biocarburanti di origine agricola.

ASSE 5: Piano pluriennale di ricerca

AZIONE 5.1 Attività di controllo costante sulle matrici ambientali

L'obiettivo è quello di verificare che i risultati attesi (arresto del degrado ambientale ed inversione della tendenza al deterioramento) vengano effettivamente conseguiti. Solo così, infatti, possono stabilirsi dei meccanismi di feed-back in grado di rendere il piano "adattativo", cioè flessibile e suscettibile di correzioni.

Le azioni promosse dalla Provincia in questo campo sono già state ampiamente trattate nelle schede specifiche. Ricordiamo inoltre come anche altre istituzioni siano attive in tal senso, soprattutto Arpa e Università.

Oggetto di monitoraggio costante dovrebbero essere almeno le seguenti componenti ambientali "strategiche":

- Fattori idrometeorologici;
- Acque superficiali;
- Sedimenti lacustri;
- Vegetazione (compreso il fitoplancton);
- Fauna vertebrata (soprattutto Pesci, Uccelli e Nutria);
- Fauna invertebrata (soprattutto benthos e zooplancton, che condizionano fortemente le reti alimentari dell'ecosistema lacustre).

Una siffatta raccolta "standardizzata" di dati può consentire non solo di definire l'evoluzione dell'ambiente nel suo complesso, ma anche di "intrecciare" tra loro informazioni di diversa natura, mettendo in luce una serie di rapporti causa-effetto.

AZIONE 5.2 Coordinamento e "razionalizzazione" del settore – Relazione sullo stato dell'ambiente dell'area del Trasimeno.
Sarebbe opportuno evitare che più organismi si occupino delle stesse cose, o che alcuni importanti campi di ricerca (per esempio quelli riguardanti le indagini floristico-vegetazionali e la fauna invertebrata) languiscano per mancanza di sostegno economico.
Si tratta, in sostanza, di istituire e consolidare una rete permanente di monitoraggio interdisciplinare, alla quale partecipino in maniera coordinata i diversi Enti ed Istituzioni.
Sarebbe inoltre auspicabile che un gruppo ristretto di esperti (di forte spessore scientifico e interagenti con l'Osservatorio Ambientale del Lago Trasimeno) si facesse carico di condensare periodicamente in un quadro organico i risultati delle indagini condotte dai vari gruppi di lavoro, individuando degli opportuni "indicatori sintetici" di qualità ambientale e producendo delle vere e proprie "relazioni sullo stato dell'ambiente" riferite all'area del Trasimeno.

AZIONE 5.3 Indagini mirate a carattere applicativo.
Oltre all'azione costante di monitoraggio, sarebbe opportuno attuare anche ricerche di breve durata, soprattutto in relazione alla verifica sperimentale dell'efficacia di misure gestionali a salvaguardia dell'ambiente (per esempio: valutazione dell'efficacia delle fasce tampone boscate nella riduzione del carico azotato; valutazione degli effetti delle modalità di gestione del canneto sulla diversità floristica; valutazione dell'efficacia delle forme di lotta integrata nell'incrementare la fauna invertebrata negli agro-ecosistemi)."

Il Piano rappresenta una declaratoria di buone intenzioni e di spunti importanti, ma pecca, forse, di egocentrismo quando si dimentica che le azioni proposte non devono dipendere solo dalla volontà e dalle forze che la Provincia metterà in campo, e rimane, inoltre, generico rispetto allo scenario di recupero ambientale da perseguire.

14.3 Gli obiettivi del Piano del Parco e le misure di conservazione dei siti Natura 2000

Nel bacino del Trasimeno sono presenti diverse aree naturali protette, riconducibili a due tipologie principali di ambienti: i boschi e l'area lacustre e la sua fascia prospiciente

Nel primo caso si tratta di 4 Zone SIC, mentre nel secondo, con piccole differenze dimensionali, ricadono sia Zona SIC che ZPS, sia area del Parco regionale del lago Trasimeno.

I SIC dei "boschi" occupano sia aree di crinale che planiziali nel settore occidentale del lago.

La loro codifica nazionale/comunitaria è-la seguente:

- IT5210029 Boschi-e brughiere di Pod. Pianello e Farneto, 325 ha.
- IT5210017 Boschi di Pischiello - Torre Civitella, 1314 ha.
- IT5210028 Boschi e brughiere di Panicarola 141 ha.
- IT5210026 Monte Marzolana – Montali 747 ha.

Gli studi per i Piani, coordinati dalla Comunità Montana e supportati da ricercatori universitari, hanno prodotto una ricostruzione degli assetti floristico-vegetazionali, forestali e faunistici; hanno verificato e proposto modifiche alle perimetrazioni, e indicato le principali misure di conservazione da applicare all'area protetta sia in termini di divieti, che di azioni da incentivare.

Gli strumenti di tutela delle aree naturali collegate al lago sono riconducibili al Piano del Parco (L.R. 9/95) ed al Piano di Gestione del SIC e ZPS del Trasimeno.

Nell'attuale riassetto regionale degli enti, l'Ente Parco, riassorbito dalla

Comunità Montata Medio Tevere – Trasimeno nel 2009 a seguito della L.R. 24/2007, si trova oggi a doversi confrontare con la riorganizzazione regionale delle stesse Comunità Montane.

In tale contesto il percorso di approvazione ed attuazione del Piano del Parco sta subendo ritardi.

14.3.1 Obiettivi del Piano del Parco

Il Parco regionale del lago Trasimeno, istituito con L.R. 9/95 aggiornata con L.R. 24/2007, ricopre una superficie di 132 Km², costituita dal lago stesso, le sue isole ed una stretta fascia costiera.

La predisposizione della proposta preliminare di piano è stata effettuata nel 2008 dalla Comunità Montana Medio Tevere – Trasimeno e la procedura di pianificazione secondo le direttive VAS è iniziata nel 2009.

Nel documento preliminare del Piano (Comunità Montana, 2009), disponibile online sul sito http://www.parcotrasimeno.it/Download/DWN_20090504121109.PDF, sono testualmente riportati gli obiettivi dello stesso.

Fig. 1.

Macrofite: foto M. Bresciani

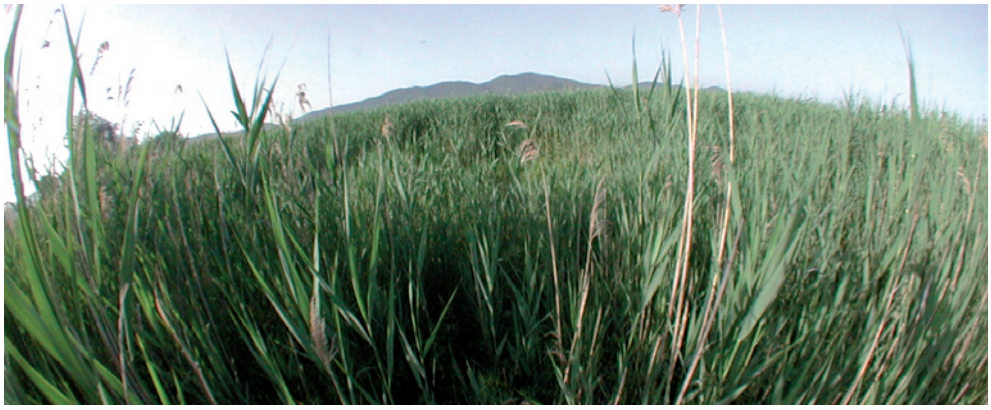


Fig. 2.

Canneti: foto M. Bresciani

Il piano preliminare del parco

(da http://www.parcotrasimeno.it)

Obiettivi come da L.R. 9/95(Art. 4, Comma 2)

La Regione istituisce Aree naturali protette al fine di conservare, difendere e ripristinare il paesaggio e l'ambiente, di assicurare il corretto uso del territorio per scopi ricreativi, culturali, sociali, didattici e scientifici e per la qualificazione e valorizzazione delle risorse e dell'economia locale.

Obiettivi e strategie gestionali dei Piani di gestione di SIC e ZPS

La presenza nel Parco di aree appartenenti alla Rete Natura 2000 comporta la presenza di obiettivi e strategie dettate dai rispettivi Piani di gestione. Tali obiettivi e strategie possono essere delineati come segue:

- garantire il ripristino o il mantenimento degli habitat naturali e delle specie vegetali ed animali di interesse comunitario in uno stato di conservazione soddisfacente;
- individuare le cause di cattivo mantenimento degli habitat naturali e delle specie vegetali di interesse comunitario ed individuare opportune azioni atte a contrastarle;
- individuare gli opportuni indicatori relativi agli habitat naturali e alle specie vegetali e animali di interesse comunitario il cui monitoraggio nel tempo può consentire di controllarne lo stato di conservazione;
- monitorare lo stato di conservazione degli habitat naturali e delle specie vegetali e animali di interesse comunitario e gli esiti delle azioni di gestione intraprese.

Obiettivi generali del Piano del parco

Il Piano del Parco si delinea come uno strumento di governo del territorio in grado di garantire la conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità e delle risorse ambientali, paesaggistiche e culturali.

In particolare, nel rispetto di quanto indicato da altri documenti normativi attualmente in vigore ed in via di approvazione proprio territorio (in particolare i Piani di Gestione del SIC e della ZPS, il Piano di Bacino del Fiume Tevere – II Stralcio Funzionale per il Lago Trasimeno, il Piano di tutela delle acque), il Piano si pone i seguenti obiettivi:

- garantire la conservazione, il ripristino ed il potenziamento delle specie animali e vegetali autoctone, delle fito e zoo-cenosi autoctone, degli habitat lacustri ed in generale dell'ecosistema attraverso il mantenimento di condizioni ambientali idonee;
- perseguire il raggiungimento di condizioni di equilibrio tra la componente ambientale e la presenza antropica, individuando modelli di utilizzo sostenibile del territorio che siano compatibili con la conservazione delle specie animali e vegetali autoctone, delle fito e zoo-cenosi autoctone, degli habitat lacustri e del paesaggio;
- costituire uno strumento di coordinamento delle molteplici attività ed interventi che vengono svolti all'interno del territorio del Parco, ad opera di Enti diversi.

Obiettivi generali del Piano Pluriennale Economico e Sociale (PPES)

Art. 13, comma 2 della LR 9/95: "Il piano pluriennale economico e sociale promuove iniziative coordinate ed integrate tra quelle della Regione, dello Stato, della Unione Europea e degli altri enti locali interessati, atte a favorire la crescita economica, sociale e culturale della comunità residente."

Il PPES si propone di sviluppare un'economia multifunzionale sostenibile, attraverso la modulazione delle attività presenti nel territorio (agricoltura, turismo, industria etc.) e la promozione di forme alternative di utilizzo compatibile con le finalità di conservazione della biodiversità.

In particolare esso si pone i seguenti obiettivi:

- incentivare le azioni antropiche che possano essere fattore di mantenimento e di potenziamento delle specie animali e vegetali, delle fito e zoo-cenosi, degli habitat lacustri e del paesaggio, coinvolgendo gli abitanti e le comunità locali nelle azioni di conservazione, di gestione e di salvaguardia, anche attraverso l'utilizzo di specifici strumenti finanziari (a partire dalla Legge 394/91 Art. 7 e norme successive); promuovere le iniziative di divulgazione naturalistica, di educazione ambientale, di ricerca scientifica e di conoscenza del territorio nei suoi aspetti ambientali e storico-culturali;
- divulgare la conoscenza ambientale e l'uso sostenibile delle risorse naturali tra le popolazioni locali;
- sostenere le forme di fruizione del Parco che utilizzino mezzi veicolari non inquinanti e tali da non arrecare disturbo alle specie animali e vegetali, alle fito e zoo-cenosi, agli habitat lacustri ed in generale all'ecosistema.

14.3.2 Misure del Piano del Parco

La proposta di Piano del Parco è stata predisposta nel corso del 2009-2010, adottando un approccio partecipativo incentrato sulla possibilità di ridefinire i confini dell'area protetta.

La documentazione non è ancora adottata e messa a disposizione della procedura di VAS.

Nel processo di valutazione ed approvazione del Piano saranno verificate le misure proposte e le loro relazioni con gli aspetti di tutela ambientale, gestione del territorio e altri piani e normative di settore.

La riforma regionale delle Comunità Montane avviata nel 2010, ha messo involontariamente in *stand-by* il processo di approvazione del Piano.

14.3.3 Misure di conservazione dei siti Natura 2000

La Regione Umbria, con DGR n.161 del 08/02/2010, ha provveduto ad adottare le proposte di Piano di gestione dei siti Natura 2000 e ad avviare la fase di partecipazione dei piani stessi.

La documentazione delle proposte è disponibile dal 2010 sul sito regionale http://www.biodiversita.regione.umbria.it

Sul sito si riassumono gli obiettivi generici dei piani:

"In attuazione della direttiva 92/43/CEE "Habitat" e dei DPR di recepimento 357/97 e 120/ 2003 i piani di gestione specifici o integrati ad altri piani di sviluppo, rappresentano le misure di conservazione non obbligatorie da predisporre, se ritenute necessarie per applicare, alla realtà regionale, le indicazioni fornite dalla U.E., finalizzate alla tutela e conservazione della biodiversità presente nei siti Natura 2000.

Detti piani di gestione rappresentano un passaggio essenziale per cogliere gli aspetti relativi all'integrazione tra ambiente e sviluppo nel processo di definizione di politiche, piani e programmi, in linea con i bisogni delle comunità locali. In generale si ipotizza una pianificazione capace di conservare la struttura e la funzionalità dei sistemi naturali e paesaggistici privilegiando un approccio sistemico capace di ottimizzare l'integrazione tra conoscenze naturalistiche, economiche, sociali, storiche e culturali.

Obiettivo generale della politica d'intervento proposta è quello di proteggere, conservare e ripristinare il funzionamento dei sistemi naturali ed arrestare la perdita della biodiversità ritenendo che la sua conservazione è parte integrante dello sviluppo economico e sociale.

Sulla base delle indicazioni fornite dalle "linee d'indirizzo regionali", si è dato avvio alla predisposizione dei Piani di Gestione dei siti Natura 2000 umbri, sottoponendo a progetto di piano tutti i siti presenti in ambito regionale.

L'elaborazione dei Piani di Gestione ha comportato la definizione del nuovo quadro conoscitivo:

- *le checklist delle specie botaniche e zoologiche ricomprese nei Siti Natura 2000 oggetto di ricerca, di cui all'allegato II e IV della direttiva "Habitat", all'allegato della direttiva "Uccelli" e alle specie di interesse nazionale e regionale;*
- *la distribuzione reale e potenziale delle specie botaniche e zoologiche in allegato II e IV alla direttiva "Habitat", in allegato alla direttiva "Uccelli" e di interesse nazionale e regionale;*
- *la mappatura degli habitat codificati nell'allegato alla direttiva "Habitat" e degli habitat effettivi delle biocenosi di interesse comunitario, nazionale e regionale, in base a limiti di carattere biologico con cartografie redatte a scala 1:10.000 e in alcuni casi a scale 1:5000 e 1:2000;*
- *la definizione dei nuovi perimetri sulla base delle carte degli habitat con produzione di cartografie a scala 1:10.000 e appoggio su base catastale.*
- *le analisi delle principali caratteristiche naturali ed ecologiche delle specie caratterizzanti i siti, finalizzata al mantenimento in uno stato di conservazione soddisfacente dei siti stessi;*
- *le definizione del quadro strategico gestionale locale con particolare riferimento alla conservazione delle specie animali, vegetali e degli habitat, nonché all'analisi degli aspetti socio-economici, culturali, archeologici, architettonici e paesaggistici, essenzialmente dal punto di vista ecologico-ambientale;*

- *la definizione delle misure di conservazione obbligatorie;*
- *la definizione di metodologie omogenee di monitoraggio biologico;*
- *l' integrazione eventuale con gli strumenti di pianificazione esistenti, secondo le procedure vigenti di modifica di tali strumenti.*

Gli elaborati di Piano, sotto il coordinamento della Regione Umbria, sono stati oggetto di un approfondito esame da parte di un apposito gruppo di lavoro, formato da figure scientifiche di estrazione universitaria provenienti da diversi Atenei italiani, nonché di una verifica tecnica, operata congiuntamente a personale della Comunità Montana; è stata inoltre attivata la fase partecipativa, nel rispetto dei principi generali in materia di pianificazione dettati dalla L.R.13/2009.

Alla luce della semplificazione operata dal gruppo di lavoro interdisciplinare, la proposta di Piano, per ciascun sito Natura 2000, si articola mediante:

- inquadramento geografico-amministrativo;
- inquadramento naturalistico con evidenziazione degli habitat e delle specie floro-vegetazionali e faunistiche presenti;
- misure di conservazione;
- carta degli habitat;
- inquadramento cartografico con evidenziato il perimetro attuale e quello proposto a scala 1:10.000."

Entrando nello specifico del Trasimeno, il Piano predisposto è relativo al sito denominato IT5210018 – IT5210070 lago Trasimeno.

Quello che segue è tratto da detto documento redatto a dicembre del 2009, con la partecipazione di Comunità Montana, Provincia di Perugia, Università di Perugia, Legambiente, ed è visibile su: http://www.agriforeste.regione.umbria.it/resources/Piani%20di%20gestione/TRASIMENO/_trasimeno.pdf

Rimandando al documento originario per tutti gli aspetti conoscitivi e di contesto, riprendiamo gli elementi importanti che riguardano le misure di conservazione proposte.

Le misure di conservazione proposte nel piano di gestione dei siti Natura 2000 del Trasimeno

(da http://www.agriforeste.regione.umbria.it)

Le misure di conservazione di seguito indicate, derivano dagli studi effettuati per determinare lo stato degli habitat e delle specie di interesse conservazionistico, nonché dalle analisi eseguite per determinare le principali pressioni, i potenziali impatti e le possibili risposte applicabili per garantire la conservazione degli habitat e delle specie (analisi DPSIR).
Dove non diversamente indicato, le azioni vanno applicate a tutto il territorio interno al limite del SIC. Laddove vengano indicati degli habitat specifici, le azioni vanno applicate alle zone individuate come afferenti a quegli specifici habitat all'interno della cartografia HABI e in qualunque altra porzione del SIC ove tali habitat vengano riconosciuti.
I divieti non riguardano le attività connesse e necessarie alla conservazione degli habitat e delle specie indicati per ciascun sito.
Nel caso di habitat e/o di specie d'interesse prioritario si può richiedere una deroga ai divieti individuati solamente per attività connesse con la salute dell'uomo e la sicurezza pubblica o relative a conseguenze positive di primaria importanza per l'ambiente ovvero, previo parere della Commissione, altri motivi imperativi di rilevante interesse pubblico.

Negli altri habitat di interesse comunitario, si può richiedere una deroga per motivi imperativi di rilevante interesse pubblico, inclusi motivi di natura sociale o economica, previa valutazione d'incidenza ambientale secondo le modalità previste dalla DIR. 92/43/CEE

Individuazione dei confini

Sulla base delle indagini preliminari effettuate e delle esigenze ecologiche degli habitat e delle specie da tutelare, [...] rispetto alla perimetrazione esistente, la ridefinizione dei limiti alla scala 1:10.000 e le informazioni supplementari acquisite con le indagini conoscitive hanno portato a un aumento della superficie del SIC di circa 1.336 ettari e della ZPS di circa 34 ettari.

Azioni vietate

Accumulo dei residui della lavorazione agricola

All'interno degli Habitat è vietato l'accumulo dei residui della lavorazione agricola. L'azione vale anche nei terreni ubicati nelle adiacenze di corpi d'acqua di qualunque tipo, fluenti o stagnanti, temporanei o permanenti, anche se allo stato attuale privi di vegetazione spontanea o colonizzati da cenosi non autoctone, per una fascia lungo le sponde lacustri di 25 metri a partire dal confine del demanio.

Bruciatura della vegetazione

All'interno del sito è vietato l'incendio delle stoppie e della vegetazione spontanea nel periodo 1 gennaio – 31 agosto.

Terreni a set aside

E' vietato lo sfalcio, la trinciatura e le lavorazioni nei seminativi soggetti a set-aside, nel periodo tra il 20 febbraio e il 31 agosto.

Conservazione della biodiversità

È vietato l'utilizzo di specie alloctone per rimboschimenti/imboschimenti, rinfoltimenti e impianti di arboricoltura da legno. Qualora gli interventi siano effettuati con contributi pubblici per interventi previsti dagli indirizzi gestionali del presente Piano, tali contributi non possono essere erogati se viene utilizzato materiale di provenienza extra-regionale.

Imboschimenti/rimboschimenti

E' vietata la realizzazione di imboschimenti, rimboschimenti, impianti di arboricoltura da legno all'interno degli habitat arbustivi, erbacei e ripariali.

Impermeabilizzazione del suolo

All'interno degli habitat è vietata l'impermeabilizzazione del suolo ad esclusione del fondo di invasi idrici artificiali e di strutture capaci di significative percolazioni inquinanti. Il divieto non si applica nel caso di manutenzione di strade che già presentano fondo impermeabilizzato.

Salvaguardia dei corpi d'acqua e delle zone umide

All'interno degli habitat è vietata l'alterazione, la riduzione e il drenaggio di paludi, stagni, acquitrini, prati umidi, zone di allagamento naturale temporaneo e corpi d'acqua. È inoltre vietata la frammentazione e/o eliminazione della rete di drenaggio superficiale e il riempimento di fossi o canali. Il divieto si applica anche a tutti i corpi d'acqua naturali di qualunque tipo, fluenti o stagnanti, temporanei o permanenti, anche se allo stato attuale privi di vegetazione spontanea o colonizzati da cenosi non autoctone.

Interventi in alveo

All'interno degli habitat ripariali gli interventi su alvei e bacini devono essere effettuati con il rispetto dei raggi di curvatura, verifica delle possibilità di esondazione, restauro delle sezioni, utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica. È altresì vietata l'estirpazione della vegetazione lacustre e palustre, ad eccezione degli interventi per la rimozione dell'apporto solido e degli interventi per il mantenimento dell'officiosità idraulica. Il divieto si applica anche a tutti i corpi d'acqua naturali di qualunque tipo, fluenti o stagnanti, temporanei o permanenti, anche se allo stato attuale privi di vegetazione spontanea o colonizzati da cenosi non autoctone.

Interventi sulle sponde dei bacini lacustri

Negli habitat ripariali 92A0, 3270 e 6430 sono vietati interventi che modifichino il profilo delle sponde dei bacini lacustri se non rivolti al ripristino del profilo naturale. Il divieto si applica inoltre alle sponde di tutti i bacini lacustri presenti all'interno del SIC o della ZPS, anche se allo stato attuale privi di vegetazione spontanea o colonizzati da cenosi non autoctone.

Accumulo del materiale derivante da dragaggio o pompaggio

All'interno degli habitat è vietato l'accumulo del materiale dragato e di quello raccolto tramite pompaggio. Il divieto si applica anche a tutti i corpi d'acqua naturali di qualunque tipo, fluenti o stagnanti, temporanei o permanenti, anche se allo stato attuale privi di vegetazione spontanea o colonizzati da cenosi non autoctone, per una fascia lungo le sponde lacustri di 25 metri a partire dal confine del demanio.

Cambiamenti dell'uso del suolo

All'interno degli habitat è vietato qualsiasi cambiamento d'uso del suolo, a meno che non sia finalizzato al recupero o ripristino dell'habitat stesso.

Salvaguarda del paesaggio e delle nicchie ecologiche

All'interno del SIC è vietata la rimozione, anche parziale, nonché la modificazione permanente di siepi, filari, vegetazione ripariale di fossi e canali, boschetti, alberate, alberi isolati, muri a secco, macere, terrazzi, ciglioni, scarpate, sorgenti, fontanili, pozze, stagni ed altri elementi tipici del paesaggio agrario e del paesaggio culturale, tradizionali e storici.

Introduzioni e prelievi faunistici

All'interno del SIC è vietata l'immissione di specie o sottospecie animali alloctone. L'immissione di specie o sottospecie animali autoctone o naturalizzate può essere effettuata previa valutazione dei possibili effetti sulla biocenosi esistente. È inoltre vietata la raccolta non autorizzata di specie animali autoctone, a qualsiasi stadio dello sviluppo ontogenetico, anche per scopi legati alla redazione di collezioni o raccolte scientifiche.

Azioni da incentivare

All'interno del SIC o della ZPS sono incentivate e promosse le seguenti azioni.

- La diminuzione dell'uso di fertilizzanti e biocidi in agricoltura.
- L'adozione di pratiche di lotta integrata per quanto riguarda l'uso di biocidi in agricoltura.
- La rinaturalizzazione dei rimboschimenti a dominanza di specie alloctone.
- La creazione o il mantenimento di una fascia pari a 2 volte la larghezza dell'alveo per il ripristino della vegetazione ripariale [...] nei terreni ubicati nelle adiacenze di corpi d'acqua di qualunque tipo.
- Il mantenimento di piccoli stagni e pozze, anche di origine antropica, a rischio di colmatura, tramite interventi di escavazione controllata, finalizzati alla conservazione dello specchio d'acqua con profondità massima non superiore a 1 metro.
- La realizzazione di interventi per il ripristino del naturale profilo della sponda lacustre e delle zone ripariali nel caso in cui abbiano subito precedenti alterazioni.
- La realizzazione di accorgimenti atti ad evitare o rimuovere fenomeni di discontinuità ecologica in corrispondenza di sbarramenti esistenti lungo i corsi d'acqua.
- L'adozione di idonee misure di contrasto dell'inquinamento dei corpi idrici.
- Il controllo di popolazioni di specie alloctone, con particolare riferimento alla nutria, la cui diffusione possa causare squilibri faunistici a danno delle specie autoctone.
- Le attività di controllo sull'utilizzo di fertilizzanti e biocidi.

[...]

Azioni di monitoraggio

All'interno del SIC sono incentivate e promosse le seguenti azioni di monitoraggio:

- Il monitoraggio delle caratteristiche degli habitat, delle specie di interesse naturalistico e delle risorse idriche.
- Il monitoraggio permanente del livello di inquinamento dei corpi idrici.
- I monitoraggi alla fonte delle emissioni di sostanze inquinanti nei corpi idrici."

Sarà interessante vedere come si svilupperà la partecipazione del Piano di gestione in ambito VAS, se terrà conto delle interazioni/integrazioni con le altre pianificazioni esistenti qui citate, se affronterà il discorso dei Servizi Ecosistemici (TEEB, 2010; UNEP-CBD, 2011) e, in ultimo, come proporrà le azioni di monitoraggio nel contesto delle competenze istituzionali regionali.

14.4. Piani di settore per la tutela delle acque

Gli strumenti specifici di pianificazione per la tutela delle risorse idriche attualmente vigenti, sono stati pubblicati nel 2002 e nel 2010.

Partendo dal più lontano, questo è quanto riporta in merito il sito della Regione Umbria, http://www.ambiente.regione.umbria.it/Mediacenter/FE/CategoriaMedia.aspx?idc=56&explicit=SI :

"Il Piano stralcio per il bacino del lago Trasimeno, redatto ai sensi della L.183/89 e approvato con D.P.C.M. del 19 luglio 2002, definisce gli obiettivi strategici dello sviluppo e della tutela del territorio e persegue il fine del ripristino, della tutela e della valorizzazione ambientale dell'ecosistema lacustre.

Per questo nel piano sono previste una serie di azioni quali:

- *la pianificazione degli usi delle acque e del suolo nel lungo periodo;*
- *la previsione di misure dirette a fronteggiare problemi contingenti legati alla qualità e quantità della risorsa idrica disponibile;*
- *la realizzazione di opere atte a contenere l'attuale fenomeno di abbassamento idrometrico quali ad esempio l'allacciamento al sistema idrico, proveniente dall'invaso di Montedoglio, delle reti irrigue attualmente alimentate dalle acque lacustri.*

Attraverso queste azioni si vogliono raggiungere i seguenti obiettivi:

- *recupero del deficit idrico annuale;*
- *contenimento dell'abbassamento del livello del lago;*
- *tutela e valorizzazione ambientale dell'ecosistema lacustre;*
- *riduzione progressiva dell'apporto di sostanze inquinanti ai corpi idrici e al suolo;*
- *manutenzione funzionale della rete idrografica;*
- *promozione di forme di controllo sui consumi idrici;*
- *promozione di forme di contenimento dei consumi idrici a scopi irrigui;*
- *avere conoscenze ulteriori per l'aggiornamento del piano.*

Azioni del Piano

Il piano prevede due tipi di azioni:

Azioni non strutturali

Prevedono un'articolazione del territorio in ambiti:

- *ambito dello specchio lacustre;*
- *ambito circumlacuale e delle isole;*
- *ambito della pianura irrigua e basso collinare;*
- *ambito collinare;*
- *ambito alto collinare;*
- *ambito degli insediamenti.*

Per ognuno di questi ambiti, anche in base alle attività che lo caratterizzano, sono state previste diverse azioni quali ad esempio il controllo e monitoraggio della qualità delle acque lacustri, le norme sui prelievi, l'abbattimento dell'apporto di sostanze inquinanti ecc.

Azioni strutturali

Tra queste va sicuramente evidenziato l'allaccio della rete irrigua al sistema idrico proveniente dall'invaso di Montedoglio.

Le opere di adduzione consistono in una galleria adduttrice e in condotte in pressione. Lungo le adduttrici principali il progetto prevede la realizzazione di serbatoi (laghetti) di compenso giornaliero, da cui si diramano le condotte tubate, a servizio dei vari distretti irrigui.

Tra queste azioni rientra anche la programmazione degli interventi.

Le linee di intervento rispondono alle seguenti finalità ed obiettivi:

- *pianificazione degli usi delle acque e del suolo nel lungo periodo;*
- *misure dirette a fronteggiare problemi contingenti legati alla qualità e quantità della risorsa idrica;*
- *realizzazione di opere atte a contenere l'attuale fenomeno di abbassamento idrometrico del lago;*
- *salvaguardia dell'ecosistema lacustre e manutenzione funzionale delle sponde e della rete idrografica;*
- *attività conoscitive complementari".*

Dello stesso atto pianificatorio, l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, che in attuazione della L. 183/89 ha promosso il Piano stralcio del lago Trasimeno, pubblicato nella G.U. n. 203 del 30 Agosto 2002, oltre a riportare sul suo sito istituzionale (www.abtevere.it) per intero tutta la documentazione del piano, ne traccia una più ampia descrizione, evidenziando le finalità ambientali in modo più preciso, segnalandone alcune più in particolare per la tutela delle acque.

Sintesi del piano stralcio per il Trasimeno

(da http://www.abtevere.it)

Il Piano stralcio si qualifica essenzialmente come piano che definisce gli obiettivi strategici dello sviluppo e della tutela del territorio, all'interno del quale possono trovare adeguato riferimento tutti gli interventi ed i documenti di programmazione tecnico-amministrativa che esprimono maggiore operatività. Il Piano non rinuncia perciò alla definizione di alcuni aspetti indispensabili per la regolamentazione degli usi del territorio quali l'individuazione di nuove regole che, progressivamente nel tempo, consentano uno sviluppo socio-economico del comprensorio secondo i principi della sostenibilità ambientale e la programmazione degli interventi strutturali e manutentivi. Il territorio del Lago è interessato ormai da alcuni anni da sostanziali trasformazioni che hanno interessato in primo luogo la risorsa idrica e le attività antropiche ad essa connesse; si tratta di verificare se questi processi di trasformazione possono essere indirizzati al meglio, rispettandone gli aspetti compiuti e cercando di promuovere ulteriori livelli di sviluppo. Allo stesso tempo, l'aspetto ambientale è un tema qualificante del presente progetto di piano e rappresenta uno strumento funzionale ad un obiettivo irrinunciabile per la salvaguardia del territorio e per l'individuazione di forme di produzione del reddito innovative, alternative quanto efficaci.

Gli obiettivi del Piano sono riassumibili nei seguenti punti:

1. Contenimento dell'abbassamento del livello del lago.
2. Tutela e valorizzazione ambientale dell'ecosistema lacustre.
3. Riduzione dell'apporto di sostanze inquinanti ai corpi idrici ed al suolo.
4. Manutenzione della rete idrografica del bacino.
5. Promozione di forme di contenimento dei consumi idrici a scopi irrigui.

L'abbassamento del livello del lago e la qualità delle acque lacuali e dei fossi afferenti al lago sono i due fenomeni ove si concentrano le norme e gli interventi per il miglioramento delle prestazioni ambientali.

Ai fini del ripristino e mantenimento di un "ottimale" livello idrometrico del lago, le azioni del Piano sono orientate a:

1. Riduzione dei prelievi idrici e dei consumi a fini agricoli e a fini civili e produttivi attraverso la regolamentazione dei prelievi idrici dal sottosuolo ed in particolare:
   - divieto della pratica agricola in alcune aree;
   - riconversione degli usi particolarmente idroesigenti in alcune aree;
   - criteri alternativi per l'irrigazione;
   - controllo e monitoraggio sui prelievi;
   - regolamentazione e controllo dei laghetti di accumulo;
   - regolamentazione del prelievo idrico dal sottosuolo (apertura di nuovi pozzi, interventi di riordino e razionalizzazione degli usi in casi di frammentazione e competizione tra gli stessi).

2. Miglioramento delle prestazioni ambientali attraverso la riduzione dell'evapotraspirazione, aumento dell'infiltrazione idrica al suolo ed incremento degli apporti idrici superficiali; in particolare:
- tutela delle superfici boscate;
- introduzione dei prati umidi;
- interventi di manutenzione del reticolo superficiale;
- norme sugli usi per il miglioramento del deflusso idrico superficiale;
- adeguamento sulle infrastrutture esistenti e criteri per quelle di progetto.

Per la tutela della qualità delle acque, il Piano individua le seguenti azioni:

3. Controllo e regolamentazione della qualità delle acque reflue civili ed industriali attraverso:
- criteri per la realizzazione degli impianti di smaltimento;
- separazione dalla rete delle acque meteoriche da quelle reflue;
- regolamentazione per gli insediamenti non allacciati in rete.

4. Qualità delle acque usate per l'agricoltura attraverso:
- divieto e regolamentazione di utilizzo di sostanze chimiche in alcune parti di territorio;
- indirizzi per la raccolta e depurazione delle acque utilizzate per l'agricoltura (fitodepurazione);
- divieto di allevamenti zootecnici in stalla in alcune zone;
- indirizzi per la gestione dei reflui zootecnici.

Infine, per la difesa idrogeologica dei versanti, il Piano promuove l'integrazione di azioni già impostate, con interventi quali:
- aumento delle superfici boscate
- interventi di manutenzione e rinaturalizzazione del reticolo superficiale
- norme sugli usi per il miglioramento del deflusso idrico superficiale
- norme per il contenimento dei fenomeni di erosione superficiale

Declaratorie e tempistiche del Piano sono state negli anni successivi modificate e disattese, senza una precisa azione tecnica di coordinamento, di finanziamento e verifica dell'efficacia delle misure previste/realizzate. Qualcosa è andato avanti con dispiego di risorse economiche varie (reti irrigue ed acquedotti esterni, depurazione, dragaggi e manutenzioni del reticolo idrografico), con strategie e fonti di finanziamento diverse (agricoltura), altro si è perso per strada.

Sul piano normativo, le misure di indirizzo del Piano stralcio trovano successivamente una specifica applicazione a livello regionale, integrandosi e sviluppandosi nel Piano regionale di tutela delle acque, approvato con Delibera del Consiglio Regionale n. 357 del 1 dicembre 2009 (BUR Regione Umbria, 2010).

Nel Piano per la prima volta è ufficialmente dichiarato lo stato ambientale del lago (SAL), ai sensi del D.Lgs. 152/99, basato sul monitoraggio pluriennale eseguito nel periodo 2000-2004.

Il giudizio (SAL = 4, scadente, in una scala da 1 a 5), è ritenuto non pienamente significativo in quanto prodotto da un criterio generico nazionale per tutti i laghi, che non tiene conto delle peculiarità del Trasimeno di lago poco profondo e degli effetti di venti e moto ondoso sulla trasparenza delle acque.

Il Piano comunque articola un'analisi specifica per il bacino idrografico Trasimeno, definendo pressioni quantitative e qualitative, carichi generati e sversati sul lago sia d'origine civile che industriale ed agro-zootecnica.

Tabella: Criticità nel bacino del Trasimeno (da Piano di Tutela, Parte II, Cap. IV)

c) Criticità: Aree che richiedono specifiche misure di tutela e di risanamento

Aree Sensibili	L'intera superficie del bacino idrografico (naturale e artificiale) è dichiarata area sensibile . Necessità di abbattimento del fosforo (riduzione fenomeni di trasporto diffuso e per ruscellamento, riduzione carichi da depuratori)
Zone Vulnerabili da nitrati di origine agricola	Zona vulnerabile Lago Trasimeno (comprende la zona omonima già dichiarata), estensione 37.645 nel sottobacino Il tenore in nitrati delle acque sotterranee, supera i 50 mg/l solo nella zona di Castiglione del lago.
Zone Vulnerabili da prodotti fitosanitari	Il bacino idrografico del Lago è individuato come zona vulnerabile ed i riscontri hanno evidenziato tale vulnerabilità sul reticolo idrografico superficiale. Terbutilazina e Metolachlor le principali sostanze rinvenute.
Aree di salvaguardia e zone di riserva	-

d) Criticità quantitative della risorsa idrica

Consumi e Prelievi	I prelievi sono da ritenersi non sostenibili, in particolare nell'anno mediamente siccitoso, in relazione ai maggiori utilizzi irrigui e ai minori afflussi al lago.
Perdite acquedotti	Valore delle perdite in rete elevato (mediamente 40%)
Riutilizzo in agricoltura e nell'industria	Nessun sistema di riutilizzo presente.
Bilancio idrico	Il bilancio naturale del lago rispetto allo zero è in equilibrio nelle annate non siccitose. I prelievi antropici determinano lo squilibrio attuale. Con l'arrivo di acque per l'uso irriguo dall'invaso di Montedoglio la situazione dovrebbe stabilizzarsi.
Minimo deflusso vitale (DMV)	-

e) Criticità in materia di carichi inquinanti e scarichi

Componenti del carico sversato in corpo idrico superficiale	BOD da scaricatori di piena delle reti fognarie (37%), da zootecnia (32%), da attività produttive che recapitano in corpo idrico (19%) Azoto da fonti di carico diffuso, agricola (50%) e zootecnica (41%) Fosforo da fonte agricola (32%) , zootecnica (36%) e dagli scaricatori di piena delle reti fognarie (19%)
Reti fognarie	Copertura fognaria: Sistema fognario di tipo misto, AE serviti da fognatura pari all' 79% degli AE nominali Criticità legata alla bassa cope rtura fognaria di numerosi agg lomerati inferiori a 2.000.
Depurazione civile	Copertura depurativa: AE nominali serviti da depurazione pari al 76%. Criticità legata ad aggl omerati con consistenza maggiore a 2.000 AE. Città della Pieve: AE depurati 59% Criticità legata agli agglomerati con cons istenza minore dove frequentemente le reti fognarie non sono collegate a impianti di depurazione.
Carichi e scarichi produttivi	31 aziende con scarichi su corpo idrico, criticità per BOD sversato pari a 88.3 t/anno. Rischio correlato all'emissione potenziale di alcuni microinquinanti.

f) Altre criticità

Utilizzazioni agronomiche di letami, reflui e fanghi	Superficie autorizzata alla fertirrigazione (1.281 ha) sufficiente a ricevere i reflui suinicoli prodotti (sup. necessaria 1.016 ha), nel 1997 erano autorizzati più di 2.600 ha. Eventuale criticità a seguito dell'applicazione delle norme contenute nella Disciplina per lo smaltimento dei reflui zootecnici
Scaricatori di piena, acque di prima pioggia	Nessun sistema di trattamento presente.
Dighe e derivazioni idriche	-
Aree di pertinenza fluviale e lacuale	Carenti generalmente lungo i corsi d'acqua ed anche lungo il perimetro lacuale.

Dall'analisi delle pressioni si passa poi alla definizione delle criticità ambientali specifiche ed alla strutturazione delle Misure di Piano, distinte per settori ed ambiti di applicazione, oltre che per tipologia (fonti diffuse, fonti puntuali), in Misure quantitative, Misure qualitative, Misure per acque a specifica destinazione (Balneazione), Misure per le aree sensibili e zone vulnerabili, finalizzate al contenimento delle emissioni inquinanti (carichi sversati) e degli impatti (misure di attenuazione ed abbattimento dei carichi prodotti).

Il quadro delle misure generiche o specifiche per i corpi idrici obiettivo del Piano è poi valutato bacino per bacino, al fine di evidenziare la raggiungibilità dell'obiettivo ambientale fissato dalle norme al 2015 (Programmi di misure e scenari per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici significativi e dei corpi idrici a specifica destinazione).

Nel caso dei corsi d'acqua, la valutazione è supportata anche da una modellazione matematica qualitativa realizzata su Tevere, Chiascio e Topino, mentre per i laghi rimane a livello di raffronto tra le pressioni esistenti e lo scenario di contenimento degli impatti che deriva dalle misure di Piano.

Per il Trasimeno, le misure più significative degne di nota, sono le seguenti:

- **Misure per la tutela quantitativa della risorsa e il risparmio idrico**
  - *V18 P: Riutilizzo irriguo dei reflui provenienti da impianti di depurazione*
- **Misure per la tutela qualitativa: riduzione dell'inquinamento da fonti diffuse e puntuali**
  - *Q15 O: Adeguamento della tipologia degli impianti di depurazione, al fine di giungere a trattamenti equivalenti ad un terziario, per gli agglomerati di consistenza > a 10.000 AE*
  - *Q16 C(P): Introduzione di trattamenti per l'abbattimento del fosforo in impianti a servizio di agglomerati di consistenza compresa tra 2.000 e 10.000 AE*
  - *Q18 C(P): adozione di opportuni sistemi di abbattimento combinato dei solidi sospesi e della carica batterica fecale sullo scarico dei sistemi di trattamento dei reflui urbani aventi una potenzialità di progetto > a 2.000 AE, mediante tecnologie idonee ed innovative (filtrazione, UV, ozonizzazione)*
  - *Q31 C(P): Realizzazione di fasce filtro per il contenimento degli inquinanti*
  - *Q34 C(P): Incentivazione e realizzazione di sistemi di trasformazione degli effluenti suinicoli mediante le migliori tecniche disponibili*
- **Misure per le aree da sottoporre a specifica tutela**
  - *S4 P: Disciplina dell'utilizzo di prodotti fitosanitari nella Zona Vulnerabile del Bacino del Lago Trasimeno*

La logica del Piano di tutela per il raggiungimento degli obiettivi ambientali non è scientificamente tarata: si agisce, da un lato, essenzialmente sul contenimento dei carichi esterni e si osserva, dall'altro, l'auspicato miglioramento delle stato ambientale. Il tutto in una forma di relazione empirica che ipotizza che scendendo sotto certe soglie di contaminazione ci si possa attendere un altrettanto lineare miglioramento qualitativo.

Questo è abbastanza logico in un sistema fluviale in cui acqua e sedimenti fluiscono con una certa rapidità, ma nel caso di laghi esistono molti fattori che aumentano l'inerzia del sistema, quando non arrivano a imporne un blocco, allungando a dismisura la sua capacità di reazione.

Di considerazioni del genere, il Piano ha comunque fatto tesoro, rimandando ad una seconda fase di sviluppo

delle conoscenze e valutazioni, inserita nelle misure conoscitive:

- **Misura I21 P: Studi e ricerche per la definizione di specifiche problematiche**
  - *(tra cui): l'esecuzione di indagini sul bacino del lago Trasimeno che dovranno consentire la valutazione dei carichi in ingresso veicolati dai principali corsi d'acqua, delle reazioni che avvengono all'interfaccia acqua-sedimento, della distribuzione verticale e spaziale dei parametri indicatori di sistema (fosforo, azoto, clorofilla, temperatura, ossigeno disciolto, solidi sospesi, ecc.), del processo di salinizzazione delle acque lacustri, ecc;*
- **Misura I22 P: Realizzazione/completamento di modelli concettuali e matematici**
  - *(tra cui): la creazione di un modello concettuale e matematico quali-quantitativo previsionale del lago Trasimeno nel quale la modellazione della componente quantitativa deve integrarsi a quella qualitativa, adottando metodiche modulari basate su codici di calcolo diversi i cui risultati sono tra loro collegabili, oppure individuando uno strumento unico di simulazione di tutti i processi.*

Tutto questo però ha perso per strada l'approccio ecologico necessario ed indispensabile per valutare l'equilibrio di un sistema di acque basse (*shallow lake*) che dipende strettamente dalle componenti biotiche, (European commission DGBNV 2003)componenti largamente introdotte nella normativa nazionale con il D.Lgs. 152/06 ed i suoi decreti attuativi.

In allegato al Piano di tutela, è presente la tipizzazione del lago ai sensi del DM 131/2008 e la progettazione della nuova rete di monitoraggio (due stazioni di monitoraggio a frequenza bimestrale, parametri limnologici e biotici, tra cui il fitoplancton, i macroinvertebrati, le macrofite e la fauna ittica).

Il dubbio sulla raggiungibilità del buono stato ambientale rimane, tanto che si rimanda ad un aggiornamento del Piano ed alla verifica di indicatori dell'efficacia delle misure.

A otto anni dall'approvazione del Piano stralcio, l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere è stata richiamata in causa a livello nazionale (Legge n.13 del 26 febbraio 2009) per la predisposizione del Piano di gestione del Distretto Idrografico Appennino Centrale ai sensi della Direttiva 2000/60Ce e del D.Lgs. 152/06 (Autorità di bacino del F. Tevere, 2010).

Nel febbraio 2010, il Piano di Gestione, predisposto di concerto con le Regioni appartenenti al Distretto, ed in particolare in sintonia con il Piano regionale di tutela delle acque, è stato adottato dal MATTM, dando il via ad una nuova fase di indirizzo ed attuazione di strategie gestionali vincolate agli obiettivi ambientali dei corpi idrici superficiali e sotterranei presenti, con una prima scadenza ufficiale per il raggiungimento degli obiettivi al 2015.

14,5 Strategie ed elementi da considerare

Per forze in campo, necessità operative, capacità di analisi, molti altri elementi programmatici avrebbero potuto essere presi in esame, ma non ci siamo riusciti. Nello scusarci con i loro promotori, auspichiamo che si facciano portatori dei propri contributi in tutte le sedi di confronto e di informazione, che speriamo siano sempre più ampie e partecipate.

E nel sollecitarlo, gli ricordiamo di dotarsi dei migliori strumenti di comunicazione, che sono la chiarezza e l'attinenza degli argomenti, pregandoli di evitare i percorsi tortuosi e subdoli che portano le proposte ed azioni a contraddire gli obiettivi.

Quanto qui sopra riportato non vuole essere un compendio al rapporto di una qualche Valutazione Ambientale Strategica, ma un promemoria, un punto di partenza, un richiamo alla concretezza e all'integrazione delle competenze istituzionali.

Per concludere quest'introduzione alle valutazioni del capitolo, ci preme mettere l'accento su due punti fondamentali al discorso che si sta evidenziando, così riassumibili:

1. come integrare efficacemente Direttiva Habitat e WFD nella gestione del comprensorio lacustre (ossia conservazione della biodiversità e qualità delle acque);
2. come giungere ad una affidabile valutazione ambientale dello stato ecologico del lago (in senso WFD, da cui partire per rivedere le misure d'intervento sul territorio).

Nel primo punto, le aree protette istituite per la tutela di habitat e di specie dipendenti dall'ambiente acquatico sono inserite dalla WFD in appositi registri (articolo 6) ed i Siti Natura 2000 devono conseguire il raggiungimento degli obiettivi di conservazione previsti dalle direttive Habitat e Uccelli (articolo 4.1). In questi siti non si applicano scadenze temporali tipo WFD (2015 e sessenni successivi), ma gli Stati membri devono garantire il mantenimento o, se necessario, il ripristino di uno stato di conservazione soddisfacente degli habitat e delle specie inserite negli all. I e II della Direttiva Habitat e nell'all. I della Direttiva Uccelli, fin dal momento della loro individuazione.

La WFD fornisce, inoltre, indicazioni per l'adempimento delle misure previste dalle tre direttive per la tutela dei Siti Natura 2000 in cui sono presenti specie ed habitat dipendenti dall'ambiente acquatico (D'Antoni e Natalia, 2010):

- Le Aree protette/Siti Natura 2000/ Zone Ramsar sono in genere soggette a forti pressioni determinate da attività antropiche che interessano tutto il bacino. La sopravvivenza delle specie legate agli ambienti acquatici dipende fortemente dalle modificazioni di tratti dei corsi d'acqua situati a monte (Arillo, 2007).
- Le misure necessarie al mantenimento, o al ripristino di uno stato di conservazione soddisfacente, nelle Aree protette devono essere considerate nei Piani di Gestione di Distretto Idrografico. Questo offre agli enti gestori di Aree protette l'opportunità di poter coordinare le proprie azioni dalla scala locale a quella di bacino, e rendere più efficaci le misure di gestione previste dai propri piani e programmi per la tutela delle risorse idriche e della biodiversità.

Tutto questo si traduce semplicemente nell'integrazione del Piano del Parco (che ruolo deve avere? di strategia generale di gestione?) con il piano di gestione SIC/ZPS (azioni e misure specifiche?) e soprattutto con le strategie importanti, a partire dalla gestione del fuori parco (è strano che il bacino idrografico non entri in qualche modo nella gestione parco) alla gestione del lago e delle sue acque basata su reali obiettivi monitorabili per efficacia (Piani di Gestione e Tutela), fino alle scelte strategiche in fatto d'economia turistica, agro-zootecnica ed itticola.

Rispetto al secondo punto di cui sopra, lo stato ecologico del lago, la grande incognita evitata e bistrattata da sempre, ci sembra possano esserci elementi per far sì che diventi la chiave di volta per rimettere in linea i problemi del lago e della popolazione che ci vive, per evitare iniziative maldestre, costose ed inefficaci, al fine di trovare soluzioni adeguate per una reale integrazione della tutela ambientale con l'economia del territorio.

Il primo passo da realizzare è adottare una corretta e valida procedura di valutazione del corpo idrico lacustre, adeguandosi con cognizione di causa agli approcci valutativi promossi dalla WFD, ed integrati a livello nazionale

con i decreti attuativi alla parte terza del D.Lgs. 152/06.

Dal 2008 Arpa Umbria ha avviato il monitoraggio ambientale sul lago con i nuovi criteri, secondo la rete ed i programmi riportati nell'Allegato al Piano regionale di tutela delle acque approvato a dicembre 2009.

I dati sperimentali in corso di acquisizione, per la parte biologica, chimico fisica e chimica (Arpa Umbria, 2011) saranno la base delle future valutazioni, collegate alle condizioni di riferimento, da avviare con il tavolo tecnico e gli esperti nazionali, come previsto dal DM 260/2010.

Sarà poi necessario definire le condizioni di riferimento specifiche per un lago laminare in ambiente climatico mediterraneo, tenendo conto sia dei dati ecologici storici e di recente acquisizione, in particolare per la vegetazione sommersa ed il fitoplancton (vedasi parte seconda), che delle teorie recenti sviluppate sulla "resistenza" di taluni stati ambientali nel rispondere alle misure di miglioramento ambientale (Scheffer e Van Nes, 2007).

Il tutto superando l'approccio settoriale e rigido degli strumenti pianificatori, che dovranno necessariamente valutare le controindicazioni derivanti da scelte generiche non adatte alla situazione specifica del lago.

Bibliografia

Arillo A. (2007) - *Il D.Lgs. 152/2006 (parte terza) e Rete Natura 2000: integrazioni e sinergie*. In "Atti del seminario Parchi fluviali e bacini idrografici (Sarzana 26 ottobre 2007) – vol. 3 La pianificazione e la disciplina delle acque nelle aree protette", Edizioni ETS - Pisa, aprile 2008.

Arpa Umbria (2011) - *Prima valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici lacustri ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.)*. Rapporto tecnico, febbraio 2011.

Autorità di Bacino del Fiume Tevere (2002) - *Piano Stralcio per il bacino del Lago Trasimeno*. D.P.C.M. 19 luglio 2002. G.U. n. 203 del 30 Agosto 2002. www.abtevere.it

Autorità di Bacino del Fiume Tevere (2010) - *Piano di gestione del Distretto Idrografico Appennino Centrale ai sensi della Direttiva 2000/60Ce e del D.Lgs. 152/06*. www.abtevere.it

Comunità Montana Medio Tevere – Trasimeno (2009) - *Documento preliminare del Piano del parco*. http://www.parcotrasimeno.it/Download/DWN_20090504121109.PDF,

D'Antoni S. e Natalia M.C.,a cura di (2010) - *Sinergie fra la Direttiva Quadro sulle Acque e le Direttive "Habitat" e "Uccelli" per la tutela degli ecosistemi acquatici con particolare riferimento alle Aree Protette, Siti Natura 2000 e Zone Ramsar. Aspetti relativi alla Pianificazione*. Rapporti ISPRA 107/2010

Direttiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009 concernente la conservazione degli uccelli selvatici, GUE 20/L del 26/01/2010.

European Commission - DG ENV (2003) - *Wetland Horizontal Guidance. CIS Guidance Document No.12*. http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents&vm=detailed&sb=Title.

European Commission - DG-ENV (2010) - *Links between Water Framewoek Directive (WFD 2000/60EC) and Nature Directives (Birds Directive 79/409EEC and Habitats Directive 92/43EEC). Frequently Asked Questions*. Draft Version 3.4 (1 June 2010). Http://circa.europa.eu

Provincia Perugia (2006) - *Progetto di sviluppo sostenibile dell'area del Trasimeno (PSSAT 2004-9)*. Preadottato con Atto di giunta Provinciale n. 619 del 9 ottobre 2006.

Regione Umbria (2010). *Piano regionale di tutela delle acque. Delibera del Consiglio Regionale n. 357 del 1 dicembre 2009*. Supplemento speciale al BUR Regione Umbria, n.5/2010.

Regione Umbria. *Piano stralcio per il bacino del lago Trasimeno*, D.P.C.M. 19 luglio 2002. http://www.ambiente.regione.umbria.it/Mediacenter/FE/CategoriaMedia.aspx?idc=56&explicit=SI :

Regione Umbria (2010)- *Proposte di Piano di gestione dei siti Natura 2000*. DGR n.161 del 08/02/2010. http://www.biodiversita.regione.umbria.it

Regione Umbria, Comunità Montana Medio Tevere-Trasimeno (2009) - *Progetto finalizzato alla predisposizione dei Piani di gestione dei Siti Natura 2000 nel comprensorio della Comunità montana-Associazione dei Comuni Trasimeno-Medio Tevere IT5210018–IT5210070 Lago Trasimeno*. http://www.agriforeste.regione.umbria.it/resources/Piani%20di%20gestione/TRASIMENO/_trasimeno.pdf

Scheffer M., Van Nes E.H. (2007) - *Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size*. Hydrobiologia, 584: 455–466.

TEEB (2010)- *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. http://www.teebweb.org

UNEP-CBD (2011) - *Possible indicators for water and water related ecosystem services for the strategic plan for biodiversity 2011-2020 and the Aichii biodiversity targets*. UNEP/CBD/AHTEG –SP-Ind/INF/3.

15 Evoluzione della fauna ittica e problematiche gestionali del lago Trasimeno

Massimo Lorenzoni
Lucia Ghetti

15.1 Premessa

La comunità ittica del lago Trasimeno ricalca, in larga misura, le caratteristiche dei laghi italiani di pianura, laminari e meso-eutrofi, essendo caratterizzata dalla presenza di Ciprinidi, Percidi, Centrarchidi, Gobidi ed Esocidi (Cucchia, 2004). Si tratta di una comunità mista composta da Ciprinidi limnofili associati a predatori, in cui è molto elevato il numero di specie ittiche di origine esotica. Il carassio dorato, introdotto negli ultimi anni, ha raggiunto un'abbondanza estremamente elevata. Unitamente a dreissena, nutria e gambero rosso della Louisiana, tutte attualmente presenti nel lago Trasimeno, rappresenta una specie esotica invasiva in grado di spostare alcuni equilibri naturali e di indurre cambiamenti a livello ecosistemico (DAISIE, 2008), con importanti ripercussioni su tutte le componenti ambientali del lago difficilmente prevedibili. La pesca professionale riveste un'importanza primaria, poiché costituisce ancora un'attività economica importante ed il lago ospita una delle comunità di pescatori professionali più numerose fra tutte le acque interne italiane (Natali e Gennari, 1989). La gestione di tale attività, soprattutto in un'area protetta come il lago Trasimeno, dovrebbe essere improntata su criteri in grado di conciliare le esigenze di conservazione con lo sfruttamento economico (Lorenzoni *et al.*, 2007), operando secondo quanto previsto dal Codice di Condotta per la Pesca Responsabile e con le Linee Guida Tecniche sulla Pesca Responsabile nelle Acque Interne (FAO, 1995; 1997). La pesca, mediante la regolamentazione delle diverse forme di prelievo, può esercitare anche un ruolo fondamentale per ovviare ad alcuni squilibri biologici che attualmente caratterizzano il lago Trasimeno (Ghetti *et al.*, 2007), che può essere esercitato attraverso un prelievo diretto di alcune specie esotiche (Lorenzoni *et al.*, 2010a, 2010b) o mediante azioni indirette di manipolazione delle catene alimentari; tali attività dovrebbero essere programmate e basate su un approccio precauzionale (FAO, 1997) ed ecosistemico alla pesca (FAO, 2003). In ogni caso, fondamentale per raggiungere tali obiettivi

è la conoscenza degli stock ittici presenti nel lago ed il monitoraggio dello sforzo pesca e del prelievo.

15.2 L'evoluzione della fauna ittica del lago Trasimeno: aspetti qualitativi

Così come è avvenuto nella maggior parte dei laghi italiani, la composizione della fauna ittica del lago Trasimeno ha subito dei drastici cambiamenti, che sono divenuti particolarmente rapidi ed intensi soprattutto a partire dagli anni più recenti (Mearelli *et al.,* 1990). Le manipolazioni della fauna ittica attraverso le introduzioni di taxa alloctoni sono avvenute molto presto: la carpa *Cyprinus carpio* Linnaeus, probabilmente la prima specie ad essere introdotta in Italia, nel Trasimeno sembra sia stata immessa nel 1710 (Stella, 1949) ad opera del barone Ancaiani, governatore del lago, con esemplari provenienti dal lago di Bolsena (Chiodini, 1978). La tradizione vuole che anche il luccio *Esox lucius* Linnaeus sia stato immesso nel lago: lo avrebbero fatto i senesi nel 1358, in quanto invidiosi della pescosità del lago (Chiodini, 1978). La maggioranza degli ittiologi ritiene, tuttavia, che il luccio sia una specie indigena per il lago (Moretti e Gianotti, 1966; Mearelli *et al.*, 1990; Natali, 2002).

A parte queste prime eventuali immissioni, le manipolazioni più importanti della fauna ittica del lago sono iniziate nel periodo a cavallo tra la prima e la seconda guerra mondiale: nel 1920-21 sono stati introdotti esemplari di carpa a specchio, nel 1920 il latterino *Atherina boyeri* (Risso), nel 1923-24 il cefalo *Mugil cephalus* Linnaeus, nel 1927 la gambusia *Gambusia holbrooki* Girard, probabilmente nel 1926 il persico sole *Lepomis gibbosus* (Linneus) e nel 1928 il persico reale *Perca fluviatilis* Linnaeus (Moretti e Gianotti, 1966; Natali, 2002). Questa tendenza ad immettere nuove specie nel lago è proseguita negli anni successivi e nel 1966 la comunità ittica appariva composta da 17 specie (tab. 1), delle quali soltanto 7 indigene, mentre 6 risultavano esotiche acclimatate e 4 esotiche non acclimatate (Mearelli *et al.,* 1990).

Le specie ittiche introdotte nel lago in quel periodo rivestivano un interesse diretto per l'uomo: le introduzioni sono state effettuate quasi sempre in modo volontario per motivi essenzialmente riconducibili allo sfruttamento commerciale e alla pesca di professione, anche se l'immissione della gambusia *Gambusia holbrooki* Giraud è dovuta al suo utilizzo come metodo di lotta biologica contro le larve delle zanzare del genere *Anopheles*, vettori della malaria (Natali, 2002).

Negli anni immediatamente successivi la composizione della fauna ittica del lago continuava a mutare in modo rapido e drammatico, tanto da coincidere con l'estinzione della popolazione locale di rovella *Rutilus rubilio* (Bonaparte) (Mearelli *et al.,* 1990). La rovella è una specie ittica endemica del centro Italia (Gandolfi *et al.*, 1991), possiede un areale abbastanza limitato, è inserita nell'allegato II della Direttiva Habitat ed è considerata dall'Unione della Conservazione della Natura prossima alla minaccia di estinzione (Near Threatened) (IUCN, 2010). L'estinzione della popolazione locale di rovella, assieme a quella avvenuta più o meno nello stesso periodo nel lago di Piediluco (Bianco, 1995), viene considerata un tipico esempio negativo delle conseguenze dell'immissione delle specie alloctone in un ecosistema acquatico. La specie, pur essendo preferenzialmente reofila, può colonizzare gli ambienti lentici (Natali, 2002) e la sua scomparsa dal lago Trasimeno viene infatti attribuita

alla competizione con una specie esotica, il persico sole (Cucchia, 2004), che proprio in quel periodo raggiungeva nel lago abbondanze estremamente elevate, tanto da risultare una delle specie in assoluto più catturate dai pescatori di professione (Mearelli *et al.*, 1990).

La composizione attuale della fauna ittica del lago è riportata nella tab. 2, dalla quale è possibile apprezzare gli ulteriori cambiamenti intervenuti nel periodo più recente. Le specie ittiche presenti nel lago sono attualmente 19: il cobite *Cobitis bilineata* Canestrini è stato inserito nella lista, anche se probabilmente è anch'esso estinto nel lago, in quanto da parecchio tempo non viene più segnalato. Il cobite è una specie la cui reale autoctonia nell'Italia centromeridionale è oggetto di controversia (Bianco, 1995; Gianotti e Moretti, 1966): in ogni caso è anch'essa inserita negli elenchi della Direttiva Habitat (allegato II) ed è considerata a basso rischio di estinzione (Least Concern) dall'Unione per la Conservazione della Natura (IUCN, 2010).

Il siluro *Silurus glanis* Linnaeus è recentemente comparso nel lago Trasimeno, aggiungendosi alle altre 13 specie di origine alloctona, anche se la sua acclimatazione deve essere confermata in quanto finora sono state segnalate le catture di sporadici esemplari (Natali, *com. pers.*). Ciò è causa di evidenti preoccupazioni, poiché il siluro è un predatore in grado di modificare la composizione delle comunità ittiche originarie con cui viene in contatto (Ghetti *et al.*, 2007).

La grande differenza con quanto descritto a proposito del periodo precedente, è che in questo caso la maggior parte delle introduzioni è stata effettuata in modo involontario: molte delle specie esotiche che si sono aggiunte alla ittiocenosi del lago Trasimeno non hanno interesse commerciale, ma più spesso sono invasive e talvolta pericolose. Il carassio dorato *Carassius auratus* (Linneaus) ne costituisce un esempio, assieme alla pseudorasbora *Pseudorabora parva* (Schlegel), che è addirittura considerata una fra le 100 specie alloctone più pericolose al mondo (DAISIE, 2008). Tale specie compete per il cibo con alcune specie indigene e di interesse commerciale, si può alimentare degli stadi giovanili di altri pesci e può rappresentare il vettore di alcuni patogeni (tra i quali *Spherotecum destruens*), che costituiscono una gravissima minaccia per la fauna ittica (Gozlan *et al.*, 2005).

Una delle più frequenti cause di introduzione delle specie alloctone in Italia è da ricondurre alla pratica dei ripopolamenti: molte specie esotiche di piccola taglia o i loro stadi giovanili possono sfuggire ai controlli e venire immesse assieme al materiale da semina (Ghetti *et al.*, 2007). Nel passato era anche molto diffusa l'attività di ripopolamento effettuata con "pesce bianco", costituita da semine di materiale misto prelevato negli ambienti naturali, che ha veicolato un gran numero di specie esotiche (Bianco, 1998). Nel lago Trasimeno il sostegno effettuato con i ripopolamenti alle specie di interesse commerciale non è una consuetudine iniziata di recente, anche se tale pratica si è chiaramente avvantaggiata dei notevoli progressi legati allo sviluppo delle moderne tecniche di acquacoltura (Natali, 1996): alcuni manoscritti del 1200 narrano dell'obbligo allora già esistente di seminare ogni anno circa 5000 anguille nel lago (Chiodini, 1978). Nel 1917 ha iniziato ad operare nel lago il Consorzio Pesca ed Acquicoltura del Trasimeno, tra i cui scopi c'era quello di ricorrere agli interventi di ripopolamento per sostenere e potenziare la pesca professionale, anche attra-

Tabella 1 – Elenco delle specie ittiche presenti nel lago Trasimeno nel 1966

Famiglia	Specie	Nome comune	Origine
Esocidae	*Esox lucius* Linnaeus, 1758	luccio	indigena
Cyprinidae	*Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)	cavedano	indigena
	Tinca tinca (Linnaeus, 1758)	tinca	indigena
	Scardinius erythrophthalmus (Linnaeus, 1758)	scardola	indigena
	Cyprinus carpio Linnaeus, *1758*	carpa	esotica
	Rutilus rubilio (Bonaparte, 1837)	rovella	indigena
Cobitidae	*Cobitis bilineata* Canestrini, 1865	cobite	indigena
	Sabanejewia larvata (De Filippi, 1859)	cobite mascherato	esotica
Anguillidae	*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)	anguilla	indigena
Poecilidae	*Gambusia holbrooki* Giraud, 1859	gambusia	esotica
Atherinidae	*Atherina boyeri* Risso, 1810	latterino	esotica
Percidae	*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758	persico reale	esotica
Centrarchidae	*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)	persico sole	esotica
Mugilidae	*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758	cefalo	esotica
	Liza ramada (Risso, 1827)		esotica
	Liza aurata (Risso, 1810)		esotica
	Chelon labrosus (Risso, 1827)		esotica

Tabella 2 – Elenco delle specie ittiche presenti attualmente nel lago Trasimeno

Famiglia	Specie	Nome comune	Origine
Esocidae	*Esox lucius* Linnaeus, 1758	luccio	indigena
Cyprinidae	*Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)	cavedano	indigena
	Tinca tinca (Linnaeus, 1758)	tinca	indigena
	Scardinius erythrophthalmus (Linnaeus, 1758)	scardola	indigena
	Alburnus alburnus alborella (De Filippi, 1844)	alborella	esotica
	Carassius auratus (Linnaeus, 1758)	carassio	esotica
	Cyprinus carpio Linnaeus, 1758	carpa	esotica
	Ctenopharyngodon idellus (Valenciennes, 1844)	carpa erbivora	esotica
	Pseudorasbora parva (Schleger, 1842)	pseudorasbora	esotica
Cobitidae	*Cobitis bilineata* Canestrini, 1865	cobite	indigena
Ictaluridae	*Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820)	pesce gatto	esotica
Anguillidae	*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)	anguilla	indigena
Poecilidae	*Gambusia holbrooki* Giraud, 1859	gambusia	esotica
Atherinidae	*Atherina boyeri* Risso, 1810	latterino	esotica
Percidae	*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758	persico reale	esotica
Centrarchidae	*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)	persico sole	esotica
	Micropterus salmoides Lacepede, 1802	persico trota	esotica
Gobidae	*Knipowitschia panizzae* (Verga, 1841)	ghiozzetto	esotica
	Pomatoschistus canestrini (Ninni, 1883)	ghiozzo di Canestrini	esotica

verso l'introduzione volontaria di specie esotiche. Con il Consorzio si costituirono le prime cooperative di pescatori di professione del lago (Ghetti *et al.*, 2007). Nel 1984, sempre su iniziativa del Consorzio Pesca ed Acquicoltura, è stato realizzato il Centro Ittiogenico del Trasimeno, impianto dedicato alla riproduzione delle specie ittiche presenti nel lago (Natali, 1996) che effettua i ripopolamenti esclusivamente con materiale ittico prodotto nel lago, scongiurando il rischio di ulteriori introduzioni di specie alloctone e potenziali patogeni (Ghetti *et al.*, 2007). Solamente l'anguilla, non essendone possibile la riproduzione artificiale, viene sostenuta con semine derivanti dalla cattura delle forme giovanili presso le foci dei fiumi attività che, comunque, visto anche il recente inserimento della specie tra quelle considerate "fortemente minacciate" (*Critically Endangered*) dalla IUCN (2010) e soggetta a Regolamento Comunitario 1100/2007CE, andranno reinquadrate nel "Piano Anguilla Nazionale" del MIRAAF.

15.3 L'evoluzione della fauna ittica del lago Trasimeno: aspetti quantitativi

Più difficile è seguire l'evoluzione della fauna ittica del lago dal punto di vista quantitativo: questo perché dati di abbondanza non sono mai stati raccolti. L'unica fonte in parte disponibile è quella del pescato, che però costituisce un dato parziale in quanto relativo alle sole specie di interesse commerciale. La fig. 1 mostra la composizione del pescato fra il 1956 e il 1980: tre sole specie ittiche indigene, l'anguilla *Anguilla anguilla* (Linnaeus), la tinca *Tinca tinca* (Linnaeus) ed il luccio *Esox lucius* Linnaeus, assommano al 57% del pescato totale delle cooperative presenti nel lago (Mearelli *et al.,* 1990): l'abbondanza dell'anguilla è comunque dipendente dalle semine effettuate dall'uomo, non essendo la specie in grado di risalire dal mare. Tra le specie ittiche alloctone, il persico sole raggiunge le maggiori abbondanze, con una percentuale pari al 18% del pescato totale. Nel periodo 1995-2004 la situazione risulta radicalmente mutata (fig. 2): le tre specie autoctone più importanti del periodo precedente scendono ad una quota pari al 32% del pescato complessivo, mentre sono soprattutto alcune specie ittiche di origine alloctona, quali il latterino (29%) (comunque specie indigena in Italia), il pesce gatto (17%) (di origine nord-americana) e la carpa (9%) a divenire progressivamente più importanti nel pescato conferito alle cooperative di pesca. Il luccio, una delle specie ittiche autoctone più sensibili dal punto di vista ecologico, scende a percentuali molto più basse (2%) rispetto a quelle che caratterizzavano il periodo precedente (12%).

Gli ultimi dati di abbondanza esistenti sono relativi ai risultati (fig. 3) di una ricerca condotta nel 2004 in collaborazione fra Università di Perugia, Provincia di Perugia e Regione dell'Umbria (Lorenzoni *et al.*, 2007) con l'obiettivo di analizzare la composizione della comunità ittica del lago Trasimeno. Le informazioni non sono direttamente comparabili con quelle fornite dalle cooperative di pesca, anche se sono state usate le stesse tipologie di attrezzi, in quanto i pescatori di professione generalmente concentrano la sforzo di cattura sulle specie economicamente più importanti. Il carassio dorato costituisce da solo oltre il 70% delle catture complessivamente effettuate; fra le specie autoctone soltanto la tinca (9,89%) e la scardola (8,19%) raggiungono abbondanze di un certo rilievo, mentre il luccio risulta quasi

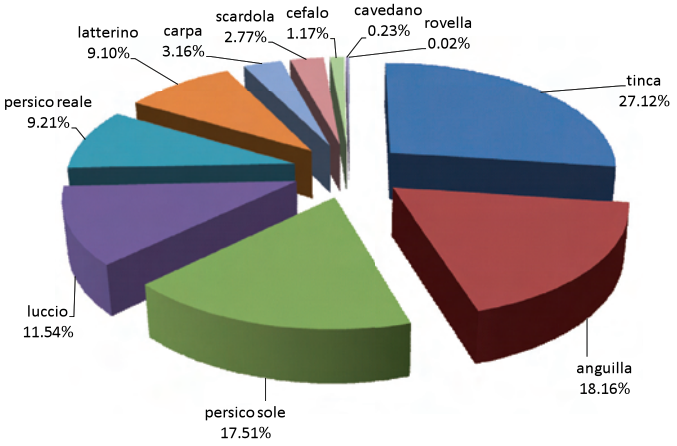


Fig. 1

Composizione percentuale del pescato negli anni 1956-80

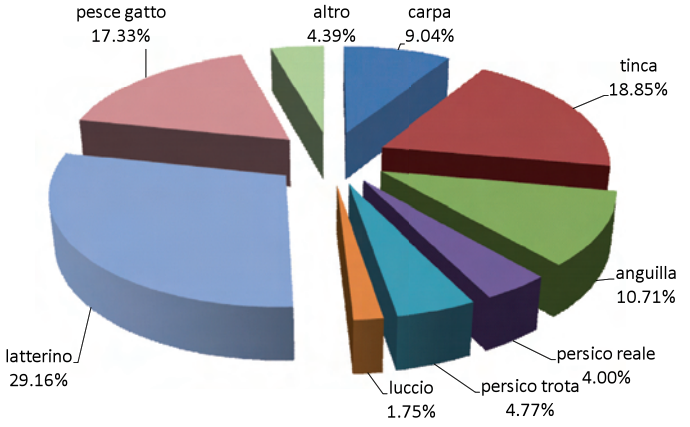


Fig. 2

Composizione percentuale del pescato negli anni 1995-2004

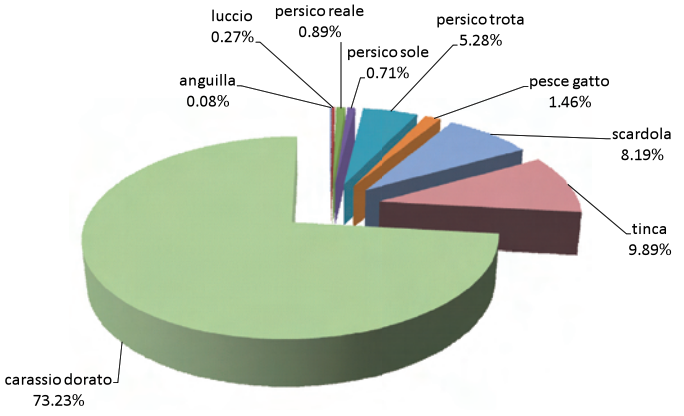


Fig. 3

Composizione percentuale del pescato nel 2004

inesistente nelle catture (0,27%). Altra specie esotica abbondante è rappresentata dal persico trota *Micropterus salmoides* Lacepede, con il 5,28% delle catture.

Altre informazioni sulle variazioni quantitative subite nel tempo dalla fauna ittica del lago, si ricavano da un confronto tra i dati delle catture effettuate utilizzando la pesca elettrica in due distinti periodi: il 1993 ed il 2004 (Lorenzoni *et al.*, 2007) (figg. 4 e 5). L'elettrostorditore ha una selettività completamente diversa rispetto alle reti e quindi la comparazione fra il pescato con le reti con quello della pesca elettrica non è corretta; può essere tuttavia valido un confronto effettuato fra il pescato di uno stesso attrezzo di pesca ottenuto in periodi diversi. Anche queste informazioni testimoniano il notevole stravolgimento avvenuto nella composizione della comunità ittica del lago. Fra il 1993 e il 2004 crolla l'abbondanza della maggior parte delle specie ittiche indigene: la tinca, che nel 1993 costituiva il 64% del pescato della pesca elettrica scende nel 2004 al 5,16%; il luccio, che prima raggiungeva una percentuale del 15%, crolla allo 0,56%; nel 2004 il carassio dorato, che in precedenza non era stato catturato, raggiunge un'abbondanza del 62,63%: tale specie, di fatto, si sostituisce alla tinca nella composizione del pescato dell'elettrostorditore. Le altre specie che raggiungono quote abbastanza rilevanti nelle catture del 2004 sono entrambe di origine alloctona: la carpa (anche se introdotta ed acclimatata in epoca storica) con il 23,47% e il persico trota con il 5,53% (Lorenzoni *et al.,* 2007).

La fig. 6 presenta l'andamento del pescato complessivo negli anni 1956 - 1980, periodo in cui la raccolta dei dati dei quantitativi di pescato conferiti alle cooperative dei pescatori di professione veniva eseguita con continuità (Mearelli *et al.*, 1990), cosa che purtroppo negli anni successivi non è più avvenuta. L'analisi rivela l'esistenza di un'evidente relazione fra pescato e livelli idrologici del lago (Mearelli, 1985). Il periodo precedente al 1960 coincide con la peggiore crisi idrica che il lago abbia avuto negli anni recenti, con il conseguimento del minimo livello idrologico ed una profondità massima di 2,98 m (Mearelli *et al.*, 1990); in questi stessi anni il pescato risulta costantemente assestato attorno ai 4.000 q anno^{-1}. Negli anni successivi (1959 - 1961) venne completato l'ampliamento artificiale del bacino imbrifero del lago ed i livelli idrici iniziarono rapidamente a crescere fino a raggiungere in breve tempo i livelli precedenti alla crisi idrica: i valori del pescato totale del lago subiscono un analogo rapido incremento, fino ad oltrepassare abbondantemente il valore di 13000 q anno^{-1} nel 1963 e rimanendo con fasi altalenanti su valori elevati fino al 1971 (Mearelli *et al.*, 1990). Nel 1970 il pescato del Trasimeno costituiva il 27,4% della totalità del prelievo delle acque interne italiane, conferendo all'attività dei pescatori del lago una rilevanza di livello nazionale (Ghetti *et al.*, 2007). Negli anni successivi (1972 - 1980) si registra una netta diminuzione delle catture, che si assestano su valori ancora mediamente superiori rispetto agli anni '60, anche se in alcuni anni (1976 - 77) il prelievo ittico è addirittura inferiore a quello del periodo precedente all'innalzamento del livello idrologico (Mearelli, 1985).

Dal punto di vista ecologico, la produzione ittica di un ecosistema acquatico è strettamente legata alla produttività primaria generale dell´ambiente e quindi al suo livello trofico (Olin *et al.*, 2002). Alcuni utili termini di riferimento possono essere i seguenti: un lago oligotrofo, e quindi poco produt-

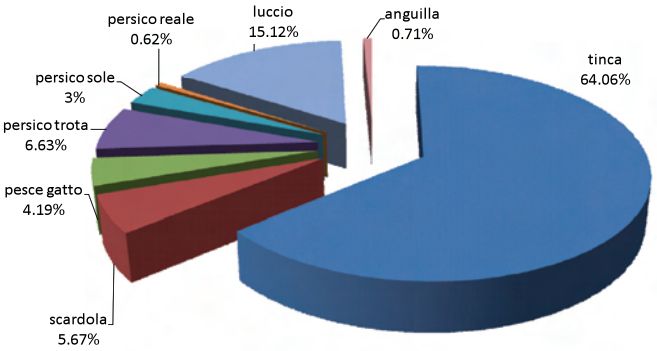


Fig. 4

Composizione percentuale delle catture effettuate con l'elettrostorditore nel 1993

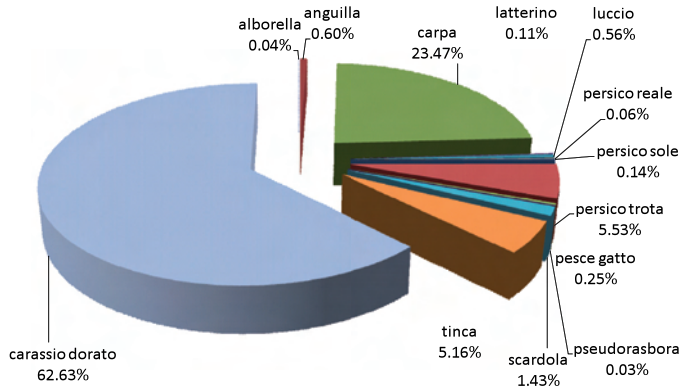


Fig. 5

Composizione percentuale delle catture effettuate con l'elettrostorditore nel 2004

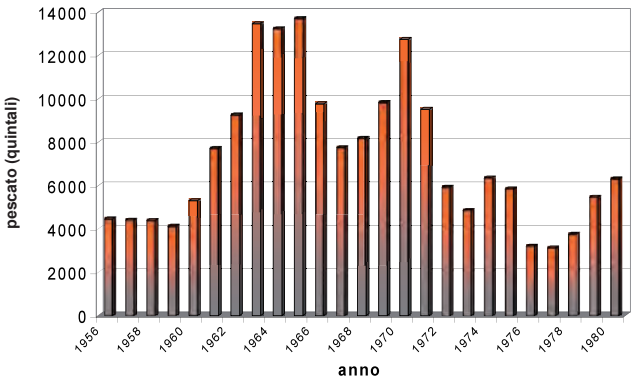


Fig. 6

Andamento del pescato complessivo del lago Trasimeno

tivo, consente all'equilibrio un prelievo ittico annuo totale valutabile attorno a pochi chilogrammi per ettaro di superficie (~2-30 kg ha^{-1}); un lago mesotrofo (mediamente produttivo) può garantire una resa totale annua tra 30 e 60 kg ha^{-1}, mentre un lago eutrofo (molto produttivo) può raggiungere anche valori superiori a 100 kg ha^{-1} (Oglesby, 1977; Downing *et al.*, 1990). Questi limiti vanno considerati come largamente indicativi e soprattutto devono essere riferiti all´intero popolamento ittico e non soltanto alle specie oggetto di pesca: è interessante evidenziare come il lago Trasimeno possa superare, nei momenti in cui il prelievo ittico raggiunge i propri picchi massimi, tali valori di riferimento: negli anni '63 - '70 si sono ottenuti dal lago fino a 105 kg ha^{-1} di pescato delle sole specie di interesse commerciale.

15.4 La gestione delle specie alloctone

Quanto appena discusso rappresenta un ulteriore esempio di come la componente biologica sia fortemente influenzata dalle condizioni abiotiche che caratterizzano il lago Trasimeno e dalle loro variazioni. L'esistenza di questa relazione è uno dei paradigmi centrali dell'ecologia, non solo delle acque interne (De Bernardi e Giussani, 1995), e la letteratura scientifica al riguardo è piena di casi particolarmente significativi: è noto come i cambiamenti nella struttura delle comunità ittiche di un lago siano fortemente associati alla sua evoluzione trofica (Olin *et al.*, 2002). Quella che spesso viene sottovalutata è l'esistenza della relazione inversa: la componente biologica può indurre dei notevoli cambiamenti nelle caratteristiche abiotiche dell'ambiente. Ciò pone in una luce diversa il problema della gestione delle specie esotiche presenti nel lago.

Il carassio dorato, ad esempio, oltre ad impattare alcune specie ittiche con le quali compete direttamente per le risorse trofiche, svolge spesso un ruolo chiave negli ambienti acquatici perché induce cambiamenti tali da modificare l'intero ecosistema, con ripercussioni a cascata su tutte le altre componenti biologiche (Richardson e Whoriskey, 1992; Scheffer *et al.*, 1993). Per alimentarsi, infatti, mette in sospensione i sedimenti fini dei fondali, rendendo torbida l'acqua (Cowx, 1997) e liberando i sali minerali che divengono disponibili in quantità più elevate per il fitoplancton (Richardson *et al.*, 1995). Alcuni studi hanno inoltre dimostrato che lo sviluppo dei cianobatteri è stimolato dal passaggio nell'intestino del carassio dorato (Kolmakov e Gladyshev 2003): non è escluso che l'aumento dei cianobatteri e la presenza di cianotossine nel lago Trasimeno (Padula e Cingolani, 2009) possano essere messi in relazione con la comparsa del carassio. Altre ricerche attribuiscono a questa specie un declino nelle abbondanze della fauna ad invertebrati nelle località in cui viene immessa (Richardson e Whoriskey, 1992), così come la scomparsa locale delle macrofite acquatiche per consumo diretto o estirpazione dal fondo (Richardson *et al.*, 1995). Il carassio può inoltre predare le uova, gli stadi giovanili e gli adulti delle altre specie di pesci. Il principale impatto sulle specie ittiche indigene è costituito, comunque, dalla competizione per il cibo e le altre risorse: è stato osservato che il carassio produce un impatto negativo diretto sulla tinca, con la quale compete per il cibo (Halacka *et al.*, 2003). Per il luccio il declino dell'abbondanza è stato attribuito ad un incremento della torbidità dell'acqua (Cowx, 1997).

Il carassio dorato ha tutte le potenzialità per essere una specie invasiva par-

ticolarmente pericolosa: alta adattabilità e tolleranza anche alle condizioni di intenso inquinamento, elevata fecondità, spettro alimentare particolarmente ampio. Le sue popolazioni crescono in modo estremamente rapido e la specie può riprodursi per ginogenesi (Abramenko *et al.*, 1997). E' estremamente tollerante agli stress ambientali (Abramenko *et al.*, 1997), incluse le ampie fluttuazioni di pH, ossigeno, salinità e temperatura: gli adulti possono sopravvivere fra 0 e 41° C di temperatura (Nico e Schofield, 2006).

Il carassio dorato non è la sola specie esotica che può concorrere al mutamento delle pregresse dinamiche ecosistemiche nel lago Trasimeno: occorre infatti ricordare che almeno 5 specie esotiche presenti nel lago, anche se non tutte appartenenti alla fauna ittica, appartengono alla lista delle 100 specie più pericolose al mondo (DAISIE, 2008). Oltre alla già citata pseudorasbora, in tempi abbastanza recenti hanno fatto la loro comparsa nel lago la dreissena *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) che è un mollusco bivalve, il gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), la tartaruga acquatica *Trachemys scripta* (Schoepff, 1792) e la nutria *Myocastor coypus* Molina, 1782.

Per approfondire il ruolo che alcune specie esercitano più direttamente sulla componente acquatica del lago, si possono citare i casi della dreissena e del gambero rosso. La dreissena, individuata nel lago nel 2000 (Spilinga *et al.*, 2000), opera un'intensa attività di filtrazione a carico del fitoplancton, tanto da causare una riduzione della produttività primaria, con conseguenze a cascata su tutta la catena alimentare. Nei laghi colonizzati dalla dreissena sono state osservate perdite fino al 50-75% nella biomassa del fitoplancton e dello zooplancton minuto, con conseguenti riduzioni fino al 50% nel livello trofico superiore (The Lake Superior Work Group, 2009). Molte specie di bivalvi indigeni, alcune delle quali già a rischio di estinzione, sono fortemente penalizzate dalla presenza della dreissena (MacIsaac, 1996). E' stato anche verificato che tale specie può creare le condizioni ambientali per lo sviluppo del botulismo aviario nei laghi: il batterio *Clostridium botulinum* si sviluppa in condizioni di anossia, che spesso si creano sul fondo dei laghi eutrofi; la dreissena può filtrare la tossina botulinica, concentrarla e facilitarne il trasferimento lungo la catena alimentare fino a causare la morte degli uccelli (Perez-Fuentetaja *et al.*, 2006).

Altra specie invasiva di introduzione abbastanza recente nel lago è il gambero rosso della Louisiana (Ghetti *et al.*, 2007). Tale specie presenta una dieta di tipo onnivoro, in cui la componente vegetale è tuttavia assolutamente prevalente (47%); in tal modo esercita un'intensa attività di pascolo sulle idrofite, che avviene spesso in modo altamente selettivo. Negli ambienti in cui il gambero rosso viene introdotto alcune specie vegetali, come ad esempio *Potamogeton natans* e *Myriophyllum spicatum*, possono diminuire drasticamente fino alla totale estinzione locale, con forti ripercussioni su tutta la biocenosi vegetale (Savini e Occhipinti-Ambrogi, 2008) ed indirettamente anche su quella animale. Associate alla presenza del gambero rosso si osservano una riduzione della biodiversità vegetale e una banalizzazione della comunità idrofitica, con una forte accentuazione delle specie non appetite dal crostaceo.

15.5 Ruolo della pesca nella gestione dell'ecosistema lacustre

La fauna ittica, interagendo con le altre componenti biotiche ed abiotiche, può esercitare un'azione di controllo, sia diretta che indiretta, su varie componenti ecologiche di fondamentale importanza nel determinare gli equilibri biologici del lago Trasimeno. La pesca, se condotta in maniera responsabile, può rappresentare un utile strumento per gestire in modo razionale non soltanto la fauna ittica, ma l'intero ecosistema lacustre. Fondamentale concetto ecologico per comprendere le implicazioni connesse alla gestione della fauna ittica è che le comunità biologiche sono strutturate in gerarchie trofiche che indirizzano i flussi di energia entro gli ecosistemi (catene alimentari). La biomanipolazione delle reti trofiche è una tecnica molto utilizzata per il recupero dei laghi eutrofizzati (De Bernardi e Giussani, 1995), che si propone di intervenire nella gestione di tali ambienti modificando i flussi energetici lungo le catene alimentari.

Tra tutti i fattori ecologici capaci di influenzare la crescita algale, la disponibilità di nutrienti è senza dubbio uno dei più importanti, assieme a luce e temperatura: i nutrienti maggiormente limitanti per lo sviluppo del fitoplancton sono rappresentati soprattutto dall'azoto e dal fosforo (Vollenweider, 1976). E' stato osservato che i tempi ed i modi in cui i nutrienti si rendono disponibili, possono rivelarsi come importanti fattori di controllo dell'abbondanza del fitoplancton. Agli inizi degli anni '60 è stata posta l'attenzione sull'esistenza di controlli a cascata sulle catene alimentari (*top down*), di importanza almeno paragonabile a quelli *bottom-up*, mediati dalla mineralizzazione della sostanza organica dal fondo dei sedimenti lacustri (Hrbacek *et al.*, 1961). La pressione predatoria, esercitata dallo zooplancton, può incidere profondamente sui popolamenti algali lacustri: il *grazing* rappresenta un fattore di controllo "top down", da parte dello zooplancton sul fitoplancton (Hrbacek *et al.*, 1961), che può contenerne le abbondanze e, quindi, diminuire la torbidità negli stati fotici, accelerando il miglioramento della qualità dell'acqua. In un lago, il fitoplancton è limitato dalla disponibilità di nutrienti minerali, mentre il secondo livello trofico costituito dallo zooplancton non è limitato dalla disponibilità di cibo, ma più spesso dalla predazione esercitata dai livelli trofici superiori e cioè dai pesci.

Attraverso le tecniche di biomanipolazione possono essere, quindi, indirizzati i flussi energetici lungo le catene alimentari allo scopo di indurre un controllo sulla comunità algale, esaltando il pascolo operato dallo zooplancton: questo obiettivo può essere raggiunto riducendo le abbondanze dei pesci planctofagi, con interventi di tipo diretto (pesca) o indirettamente mediante l'incremento dei pesci ittiofagi predatori. Analogamente a quanto descritto per i laghi eutrofi, la pesca potrebbe essere utilizzata nel lago Trasimeno come mezzo indiretto per indirizzare i flussi energetici nel controllo di alcuni organismi indesiderati, quali ad esempio la dreissena, o i ditteri chironomidi, il cui sviluppo eccessivo nella fase adulta produce notevoli fastidi alle popolazioni rivierasche.

La pesca professionale può causare anche un'azione diretta sugli organismi che sono oggetto di pesca e come tale può indurre modifiche nella struttura dei popolamenti ittici, anche come conseguenza della sua azione altamente selettiva. Concentrando il prelievo solo sulle poche specie ittiche di interesse

commerciale modifica la composizione della comunità ittica, mentre nelle popolazioni delle singole specie agisce soprattutto penalizzando gli esemplari di dimensioni maggiori: ciò determina un'alterazione della struttura per età, come talvolta è stato osservato nel lago Trasimeno per il persico reale (Lorenzoni *et al.*, 1993).

Per alcune specie ittiche invasive, quali ad esempio carassio dorato, gambero e pseudorasbora, si può immaginare anche la possibilità di un controllo diretto delle popolazioni presenti nel lago Trasimeno mediante un prelievo operato dai pescatori di professione. Nella gestione di una specie invasiva già insediatasi in un ambiente acquatico, l'eradicazione è in linea di principio la strategia più indicata, che in varie esperienze si è dimostrata avere anche ampie possibilità di successo (Genovesi, 2007). Il raggiungimento dell'obiettivo, comunque, è spesso limitato a piccoli e isolati biotopi e ai primi stadi dell'invasione (Zavaleta *et al.*, 2001). Gli sforzi spesso sono vani se l'eradicazione non è completa e se è possibile una ricolonizzazione dai siti limitrofi: in questi casi le specie r-strateghe possono rapidamente raggiungere le abbondanze precedenti alle azioni di controllo. In tali situazioni sembra preferibile l'adozione di piani di controllo con l'intento di ridurre e mantenere le densità delle specie indesiderate al di sotto di una soglia stabilita (Lorenzoni *et al.*, 2007).

L'adozione di una particolare strategia di controllo dipende da un bilancio fra costi e benefici: qualsiasi generalizzazione è difficile da fare anche in relazione al contesto economico e sociale. Nei laghi, probabilmente, l'utilizzo delle reti rimane il metodo più comune ed efficace (Barnes *et al.*, 2003). Dove operano i pescatori di professione una buona strategia di controllo può essere quella di incoraggiare il prelievo della popolazione invasiva, per esempio offrendo incentivi finanziari o incoraggiando il commercio del pesce o di sue parti (ad es. uova) (Lorenzoni *et al.*, 2007). La pesca elettrica è particolarmente indicata nelle acque basse e la sua efficacia dipende dalle scelte operate in funzione dell'habitat delle diverse specie e dei vari stadi del loro ciclo vitale (Reynolds,1996). In situazioni molto favorevoli, può effettivamente essere affiancata all'uso delle reti nello sviluppo di un piano di contenimento di una specie ittica (Lorenzoni *et al.*, 2010a): nel lago Trasimeno una ricerca condotta nel 2004 ha dimostrato che mediante la pesca elettrica si può effettuare un prelievo molto efficace sul carassio dorato, con valori medi di 1,98 ind min^{-1}, pari ad una biomassa di 606 g min^{-1}; tali valori, tuttavia, in condizioni ottimali (in primavera, durante la riproduzione) possono anche salire rispettivamente a 16,00 ind min^{-1} e a 6.267 g min^{-1} (Lorenzoni *et al.*, 2007). La pesca elettrica ha anche alcuni vantaggi sulle reti: causa minori danni agli esemplari catturati e esercita una bassa selettività nei confronti della taglia degli esemplari.

15.6 Conclusioni

La pesca professionale nel lago Trasimeno riveste un'importanza primaria, poiché costituisce ancora un'attività economica importante, tanto che il lago ospita una delle comunità di pescatori professionali più numerose fra tutte le acque interne italiane (Ghetti *et al.*, 2007). Come in numerosi altri territori in cui esiste ancora un'economia in parte fondata sulla pesca artigianale, usi e tradizioni sono strettamente intrecciati con la conduzione della pesca: tutto ciò causa una forte integrazione fra cultura, valenze naturali ed utilizzo delle risorse ittiche e costituisce una parte

fondamentale del patrimonio locale, che andrebbe fortemente salvaguardato.

Il prelievo operato dai pescatori sportivi e da quelli di professione, se esercitato in maniera non sostenibile, sicuramente comporta un impatto negativo diretto sulle popolazioni ittiche ed in genere tutte le attività legate alla pesca possono avere conseguenze indirette anche su molte altre componenti faunistiche. La gestione di tale attività, soprattutto in un'area protetta come il lago Trasimeno, dovrebbe essere improntata su criteri in grado di conciliare le esigenze di conservazione con lo sfruttamento economico, nel quadro di riferimento dello sviluppo sostenibile: le proposte gestionali dovrebbero muoversi nell'ambito di un processo volto a valorizzare le risorse ittiche del lago, garantendo agli operatori lo sfruttamento economico della risorsa senza comprometterne le capacità riproduttive e salvaguardandone le potenzialità future.

Il problema da superare è quello di individuare il tipo ed i livelli di monitoraggio che devono essere attivati per elaborare modelli di gestione volti al mantenimento di elevati livelli di produzione ittica e basati su un processo di sfruttamento sostenibile. L'eliminazione del sovrasfruttamento delle risorse ittiche, che è alla base del declino degli stock delle popolazioni di interesse professionale, crea le premesse per fare della pesca nelle acque interne un'attività redditizia e duratura. Non ci può essere infatti mercato per attività che non garantiscono livelli di produzione costanti e di qualità e poche, di conseguenza, sarebbero le garanzie e le prospettive per chi esercita tale attività. Auspicabili per il miglioramento delle condizioni economiche dei pescatori di professione sono anche tutte quelle azioni volte ad aumentarne il reddito, riducendo la dipendenza dal prelievo e dalla commercializzazione del pescato (pescaturismo, ittioturismo, attività di accompagnamento dei pescatori sportivi e di guida per i turisti, ecc...). Indicazione valida per la pesca sportiva è invece quella di separare l'attività sportiva dal prelievo delle specie indigene più sensibili, mediante l'adozione di tecniche di pesca meno cruente di quelle tradizionali (zone a regolamento specifico, aree *Catch and Release* o zone '*No Kill*') (Lorenzoni *et al.*, 2009).

La gestione delle comunità ittiche, mediante la regolamentazione delle diverse forme di prelievo, può esercitare un ruolo fondamentale per tentare di recuperare o riavvicinarsi alle dinamiche ecosistemiche pregresse che caratterizzavano l'ecosistema lacustre. Tale azione di riequilibrio può essere esercitata attraverso un prelievo diretto di alcune specie invasive o mediante azioni indirette di manipolazione delle catene alimentari. La necessità di regolamentare le numerose attività connesse alla gestione e alla pratica della pesca sono anche giustificate dal progressivo aumento del numero delle specie esotiche presenti nel lago, alcune delle quali particolarmente pericolose. Nella gestione di una specie esotica invasiva, l'eradicazione è sicuramente la strategia più idonea, ma le esperienze condotte in questo settore dimostrano che le possibilità di successo sono spesso molto limitate; in questi casi sembra preferibile, piuttosto, l'adozione di un piano di controllo dell'abbondanza delle popolazioni delle specie indesiderate, che le mantenga su valori numerici tali da rendere minimo il loro impatto. Nel lago Trasimeno la scelta da privilegiare per il contenimento numerico delle popolazioni invasive è quella di ricorrere anche all'azione dei pescatori, incentivando il prelievo delle specie indesiderate.

Fondamentale per raggiungere tali obiettivi è la conoscenza degli stock ittici presenti nel lago ed il monitoraggio dello sforzo pesca e del prelievo che insistono sulla risorsa ittica.

Quello che attualmente manca è una visione d'insieme in grado di superare l'attuale gestione parziale e settoriale: il lago Trasimeno è, infatti, un ecosistema complesso, caratterizzato da articolate dinamiche ambientali e da un'intensa serie di interazioni fra le diverse componenti ambientali, che devono essere valutate attentamente ogni qualvolta sia necessario operare una scelta gestionale. La pesca di professione svolge ancora un ruolo molto importante nell'economia del comprensorio del lago Trasimeno ed appare fondamentale riconoscerne il ruolo nel mantenimento degli equilibri naturali del lago, promuovendo gli studi e le ricerche per monitorare l'abbondanza della fauna ittica e per innovare le tecniche di pesca, di conservazione e trasformazione dei prodotti ittici, al fine di garantire una gestione ottimale delle risorse naturali.

Bibliografia

Abramenko M. I., Kravchenko O.V., Velikoivanenko A.E. (1997) - *Population genetic structure of the goldfish Carassius auratus gibelio diploid–triploid complex from the Don River Basin, Journal of Ichthyology*, 37: 56–65.

Barnes G., Speirs D., Neilson K., Kelleher R. (2003) - *The use of fine mesh monofilament mist nets to control rudd (Scardinius erythrophthalmus) from a small lake complex, in the Waikato region, New Zealand. ASFB Conference*, Wellington, New Zealand.

Bianco P.G. (1995) - *Introductions, chief elements of native freshwater fish degradation and use of indices and coefficients in quantifying the situation in Italy,* in Philipp D.P., Epifanio, J.M., Marsden J.E., Claussen J.E. (Eds.), *Protection of aquatic Biodiversity. Proceedings of the World Fisheries Congress*, Oxford & IBH Publishing CO. New Delhi, 175-198.

Bianco P.G. (1998) - *Freshwater fish transfers in Italy: history, local modification of fish composition, and a prediction on the future of native populations,* in Cowx I.G. (Ed.), *Stocking and introductions of fishes*, Fishing New Book Blackwell, Oxford, 165–197.

Chiodini G.P. (1978) - *Il lago Trasimeno e la pesca*, Grafiche Benucci, Perugia, 1-165.

Cowx I.G. (1997) - *Introduction of fish species into European fresh waters: economic successes or ecological disasters?, Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 344–345: 57–77.

Cucchia L. (2004) - *Informazioni relative alle popolazioni ittiche*, in *Progetto Life natura. Ripristino habitat e conservazione ardeidi sul lago Trasimeno. Relazione conclusiva sulle attività di raccolta dati sulla fauna e sulla vegetazione*. Provincia di Perugia, 1-81.

DAISIE (2008) - *European Invasive Alien Species Gateway*. Available from: www.europe-aliens.org. [Accessed 1st April 2011].

De Bernardi R., Giussani, G. (1995) - *Biomanipulation: basis for a top – down control*, in De Bernardi R., Giussani G. (Eds.), *Guidelines of Lake Management*, Volume 7, *Biomanipulation in Lakes and Reservoirs*, ILEC and UNEP, 1-14.

Downing J.A., Plante C., Lalonde S. (1990) - *Fish production correlated with primary productivity, not the morphoedaphic index, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 47: 1929-1936.

FAO (1995) - *Code of Conduct for Responsible Fisheries*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1-41.

FAO (1996) - *Precautionary approach to capture fisheries and species introductions, Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, No 2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1- 54.

FAO (1997a) - *Fisheries management, Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, No 4, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1- 81.

FAO (1997b) - *The precautionary principle, Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, No 2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1 - 77.

FAO (2003) - *The ecosystem approach to marine capture fisheries, Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, No 4, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1- 112.

Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A. (1991) - *I pesci delle acque interne italiane*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1-606.

Genovesi P. (2007) - *Towards a European strategy to halt biological invasions in inland waters*, in Gherardi F. (Ed.), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*, Springer Book, Dordrecht, 627–637.

Ghetti L., Carosi A., Lorenzoni M., Pedicillo G., Dolciami R. (2007) - *L'introduzione delle specie esotiche nelle acque dolci: il caso del carassio dorato nel lago Trasimeno*, Litograf Editor, Città di Castello, 1-100.

Gozlan R.E., St-Hilaire S., Feist S.W., Martin P., Kent M.L. (2005) - *Disease threat to European fish, Nature*, 435: 1046.

Halacka, K., V. Luskova, and S. Lusk. (2003) - *Carassius gibelio in fish communities of the Czech Republic, Ecohydrology and Hydrobiology*, 3: 133–138.

Hrbacek, J., Dvorakova M., Korinek V., Prochazokova L., (1961) - *Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association, Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 14: 192–195.

IUCN (2010) - *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2010.4. Available from: www.iucnredlist.org. [Accessed 1st April 2011].

Kolmakov V.I., Gladyshev M.I. (2003) - *Growth and potential photosynthesis of cyanobacteria are stimulated by viable gut passage in crucian carp, Aquatic Ecology*, 37: 237–242.

Lorenzoni M., Carosi A., Natali M., G. Pedicillo, P. Viali (2009) - *La pratica del Catch and Release per la gestione delle popolazioni ittiche nelle aree protette, Atti S.It.E.*, 32: 127-131. Available from: www.dsa.unipr.it/sitecongresso/

Lorenzoni M., Corboli M., Ghetti L., Pedicillo G., Carosi A. (2007) - *Growth and reproduction of the goldfish Carassius auratus: a case study from Italy,* in Gherardi F. (Ed.), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*, Springer Book, Dordrecht, 259–273.

Lorenzoni M., Dolciami R., Ghetti L., Pedicillo G., Carosi A. (2010a) - *Fishery biology of the goldfish Carassius auratus (Linnaeus, 1758) in Lake Trasimeno (Umbria, Italy), Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 396: 1-13.

Lorenzoni M., Ghetti L., Pedicillo G., Carosi A. (2010b) - *Analysis of the biological features of the goldfish Carassius auratus auratus in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) with a view to drawing up plans forpopulation control, Folia Zoologica*, 59 (2): 142-156.

Lorenzoni M., Giovinazzo G., Mearelli M., Natali M. (1993) - *Growth and biology of perch (Perca fluviatilis L.) in Lake Trasimeno (Umbria, Italy), Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 40 (3-4): 313-328.

MacIsaac H.J. (1996) - *Potential abiotic and biotic impacts of zebra mussels on the inland waters of North America, American Zoologist*, 36: 287–299.

Mearelli M. (1985) - *La pesca nel lago Trasimeno: note ambientali e produttive del venticinquennio 1956-80, Umbria Economica*, 4: 64-86.

Mearelli M., Lorenzoni M., Mantilacci L. (1990) - *Il lago Trasimeno, Rivista di Idrobiologia*, 29 (1): 353-390.

Moretti G.P., Gianotti F.S. (1966) - *I pesci e la pesca nel lago Trasimeno*, Grafica Salvi, Perugia, 1-98.

Mueller G.A. (2005) - *Predatory fish removal and native fish recovery in the Colorado River mainstream: what have we leaned?, Fisheries*, 30: 10–19.

Natali M. (1996) - *Allevamento del luccio (Esox lucius L.) a fini di ripopolamento, Atti IV Convegno Nazionale AIIAD*, 345-353.

Natali M. (2002) - *I pesci del lago Trasimeno*, Tipolitografia Grifo, Perugia, 1-66.

Natali, M., Gennari L., (1989) - *Indagine sulla popolazione di lucci (Esox lucius) del Lago Trasimeno, Rivista di Idrobiologia*, 27 (1-2): 101-112.

Nico L., Schofield P.J. (2006) - *Carassius auratus*, USGS Non-indigenous Aquatic Species Database Available from: nas.er.usgs.gov. [Accessed 19 August 2009].

Oglesby R.T. (1977) - *Relationship offish yield to lake phytoplankton standing crop, production and morphoedaphic factors, Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 2271-2279.

Olin M., Rask M., Ruuhijarvi J., Kurkilahti M., Ala-Opas P., Ylonen O. (2002) - *Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland:the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient, Journal of Fish Biology*, 60: 593-612.

Padula R., Cingolani L. (2009) - *Trend of Cyanobacteria Blooms in Trasimeno Lake (1992-2007), Atti XIX Congresso SITE*, 131.

Perez-Fuentetaja A., Clapsadl M.D., Einhouse D., Bowser P.R., Getchell R.G., Theodore Lee W. (2006) - *Influence of limnological conditions on Clostridium botulinum type E presence in Eastern Lake Erie Sediments (Great Lakes, USA), Hydrobiologia*, 563: 189–200.

Reynolds J.B. (1996) - *Electrofishing*, in *Murphy* B.R., Willis D.W.(Eds.): *Fisheries techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, 221–253.

Richardson M.J., Whoriskey F.G. (1992) - *Factors influencing the production of turbidity by goldfish, Canadian Journal of Zoology*, 70: 1585–1589.

Richardson M.J., Whoriskey F.G., Roy H. (1995)- *Turbidity generation and biological impacts of an exotic Carassius auratus, introduced into shallow seasonally anoxic pounds, Journal of Fish Biology*, 47: 576–585.

Savini D., Occhipinti-Ambrogi A. (2008) - *Bad Moon Rising: il gambero rosso della Louisiana, una minaccia per gli ecosistemi acquatici della Lombardia,* Atti del convegno "*Le specie alloctone in Italia: censimenti, invasività e piani di azione*" Milano, 19-20.

Scheffer M., Hosper S.H., Meijer M.L., Moss B., Jeppesen E. (1993) - *Alternative equilibria in shallow lakes, Trends in Ecology & Evolution*, 8: 275–279.

Spilinga C., Chiappafreddo U., Pirisinu Q. (2000) - *Dreissena polymorpha (Pallas) al lago Trasimeno, Rivista di Idrobiologia*, 39: 145-155.

Stella E. (1949) - *Le attuali conoscenze sulla fauna del lago Trasimeno*, *Bollettino Pesca Piscicoltura e Idrobiologia*, 4: 3-19.

The Lake Superior Work Group (2009) - *Lake Superior Aquatic Invasive Species Complete Prevention Plan*, *Lake Superior Binational Programme*, 1-81.

Vollenweider R.A. (1976) - *Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication*, *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 33: 53-83.

Yule A.M., Barker I.K., Austin J.W., Moccia R.D. (2006) - *Toxicity of Clostridium botulinum type e neurotoxin to great lakes fish: implications for avian botulism*, *Journal of Wildlife Diseases*, 42(3): 479–493.

Zavaleta E.S., Hobbs R.J., Mooney H.A. (2001) - *Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context*, *Trends in Ecology & Evolution*, 16: 454–459.

16 Cambiamenti di stato e funzioni ecosistemiche in ambienti acquatici poco profondi

Marco Bartoli

16.1 Il ragionevole ottimismo

Le pressioni antropiche allontano gli ecosistemi naturali dal loro stato originario; il cambiamento è talvolta estremamente visibile, come nel caso della deforestazione o della bacinizzazione di un fiume, o percettibile, come nel caso della diminuzione della trasparenza di un lago. Nel mondo si contano ormai tante esperienze che dimostrano come, entro certi limiti, alcuni cambiamenti di stato possano essere reversibili (Fahnenstiel e Scavia, 1987). Anche in Italia gli esempi sono numerosi; a titolo di riferimento, per rimanere nel tema degli ambienti acquatici, il rigido controllo dei carichi eutrofizzanti ha riportato i grandi laghi alpini ai valori di stato trofico simili a quelli originari ed innescato un processo di oligotrofizzazione (De Bernardi *et al.*, 1996; Calderoni e Mosello, 1996; Burkholder, 2003). L'aumento dei tenori di clorofilla, associato all'aumento dei carichi di fosforo sversati nei bacini lacustri, è stato controllato con successo potenziando i depuratori e agendo sulla formulazione dei detersivi.

La reversibilità dei processi e quindi il possibile recupero degli ecosistemi impattati deve infondere un ragionevole ottimismo nell'ambito dei tecnici, dei ricercatori e degli amministratori che investono energie, tempo e risorse per le cause ambientali.

Il "ragionevole ottimismo" non è un ossimoro, ma nasce dalla consapevolezza di quanto siano complessi e sito specifici i processi che stanno alla base del funzionamento degli ecosistemi. Per questo motivo tali processi devono essere accuratamente studiati e compresi, al fine (e prima!) di attuare interventi efficaci. Esiste infatti una casistica amplia di interventi estremamente onerosi che non hanno però portato ad alcun beneficio atteso. Un esempio su tutti è rappresentato dai finanziamenti per la realizzazione di fasce riparie vegetate al fine di contenere la migrazione dell'azoto nitrico verso le acque superficiali e di falda. Questo intervento ha forse integrato il reddito in ambito agricolo ma non ha sicuramente risolto il problema dei nitrati nelle acque (Vitousek *et al.*, 1997; Bartoli *et al.*, 2011). Gli atti

di questo convegno contengono una quantità rilevante di informazioni su un sistema acquatico che manifesta segni di sofferenza, il lago Trasimeno. La crescente torbidità delle acque è manifesta, così come la variazione delle comunità di macrofite e pesci; da capire a fondo sono invece le relazioni tra le componenti abiotiche e biotiche ed i *feedback* tra le variazioni delle prime e la risposta delle seconde. Il Trasimeno non è un lago morto, questa affermazione non ha senso. E' sicuramente un lago in uno stato diverso, qualitativamente peggiore, rispetto a quello originario. Con ragionevole ottimismo si può pensare di rendere reversibile la transizione.

16.2 Regime shift delle comunità dei produttori primari: cause ed effetti

Lo stato trofico di un ambiente acquatico può cambiare a seguito di diverse cause, che possono influenzare direttamente, o indirettamente, le concentrazioni dei nutrienti. Tra le cause dirette c'è l'aumento dei carichi eutrofizzanti, e quindi dei tenori di azoto, fosforo e sostanza organica. Tali carichi derivano generalmente da sorgenti puntiformi (depuratori, agglomerati urbani o industriali) o da sorgenti diffuse (attività agro zootecniche). Le cause indirette possono invece essere molto eterogenee; ne cito alcune a titolo di esempio.

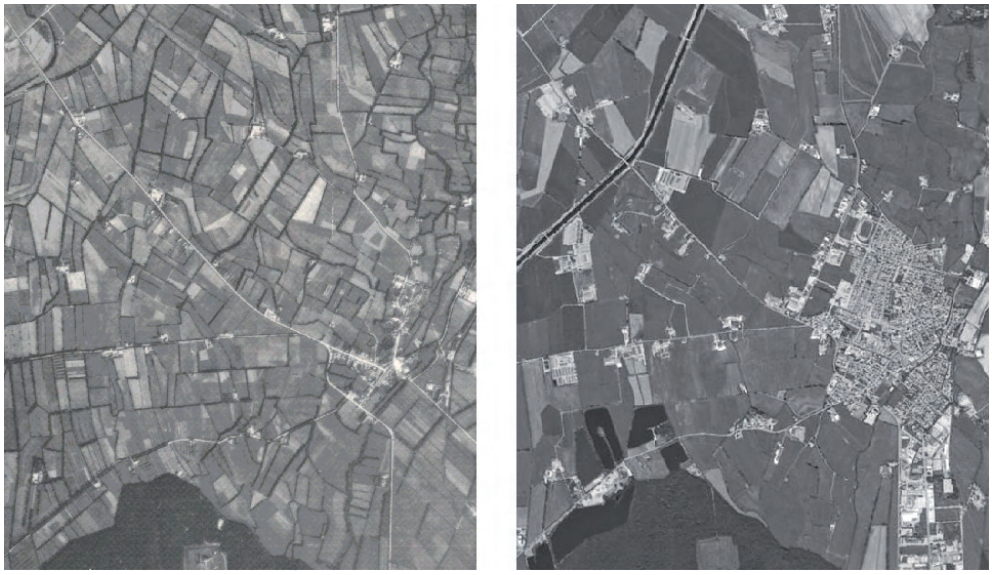


Fig. 1.

Le due immagini, scattate nel 1944 (sinistra) e nel 2009, evidenziano la profonda trasformazione del territorio e in particolare la scomparsa di elementi del paesaggio come le fasce riparie boscate, che delimitavano fondi di dimensioni contenute. Lo spessore delle fasce suggerisce la presenza di piante di alto fusto, attualmente azzerate. L'area mostrata è in provincia di Mantova

La banalizzazione e semplificazione del paesaggio naturale (eccessiva antropizzazione, agricoltura intensiva, rimozione di elementi come le fasce ripariе vegetate) determinano un aumento della frazione di nutrienti generati sul territorio che raggiungono i corpi idrici (Rotz, 2004; Robertson e Vitousek, 2009; Soana *et al.*, 2011)(fig. 1). A parità di carichi generati, cambiamenti a livello di paesaggio possono quindi favorire i processi di eutrofizzazione (fig. 2).

La pesca selettiva di alcune specie - e la conseguente concentrazione di altre - o l'introduzione di specie alloctone per la pesca sportiva, può avere implicazioni per le dinamiche dei nutrienti. I Ciprinidi, ad esempio, favoriscono la rigenerazione del fosforo dai sedimenti a causa dell'azione di bioturbazione del substrato (Chakrabarty e Das, 2007). Anche i cambiamenti climatici possono indurre profonde modificazioni degli ecosistemi acquatici: l'aumento delle temperature altera la solubilità dell'ossigeno e accelera l'attività batterica; l'incremento medio delle giornate ventose può invece favorire la torbidità e la risospensione dei sedimenti (Conley *et al.*, 2009; Nixon *et al.*, 2009).

Al di là delle cause che li hanno generati, i fenomeni di eutrofizzazione alterano profondamente le comunità dei produttori primari (Scheffer *et al.*, 2003). Tipicamente, una maggiore disponibilità di nutrienti in acqua favorisce sia la vegetazione non ancorata al fondo che le comunità fitoplanctoniche; le macrofite sommerse invece sono fortemente danneggiate. Questa dinamica

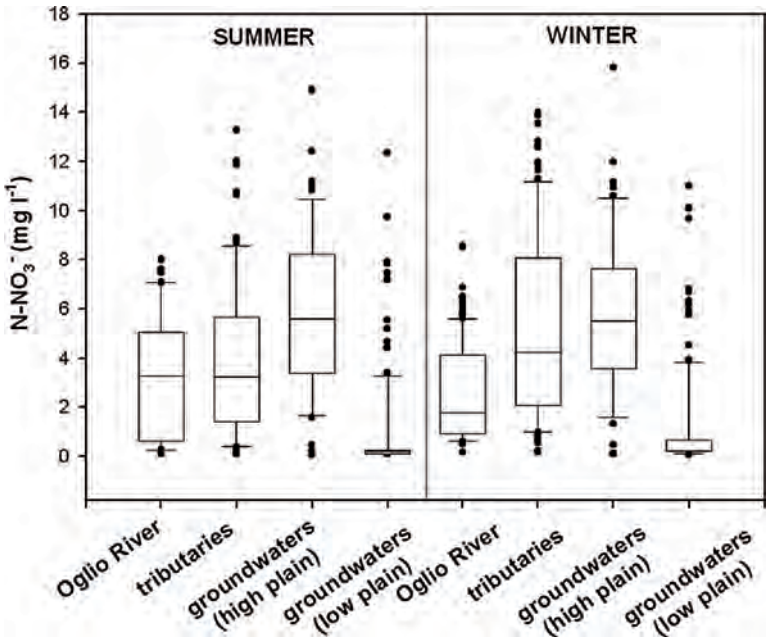


Fig. 2.

Tenori di azoto nitrico nelle acque del fiume Oglio, dei suoi immissari e delle acque di falda del bacino di alta e media pianura in estate ed in inverno (i dati sono medie del periodo 2007-2010). Le concentrazioni di questo ione, estremamente mobile e indice di inquinamento di tipo diffuso, evidenziano le condizioni critiche di un intero bacino idrografico in cui il fiume principale, il reticolo secondario e le falda sembrano seriamente compromessi (da Soana *et al.*, 2011)

accomuna molti ambienti impattati ed ha una spiegazione semplice: i nutrienti in acqua fanno sì che non sia necessario avere radici per estrarli dai sedimenti e quindi le piante si svincolano dal fondo. Inoltre, la progressiva proliferazione di microalghe rende l'acqua meno trasparente e limita la penetrazione della luce. Si innesca quindi una forte competizione per la luce, che raggiunge solo gli strati più superficiali e determina una migrazione degli apparati fotosintetici verso l'alto. Sono favorite quindi piante con foglie galleggianti o addirittura emergenti (fig. 3).

L'eutrofizzazione cambia le comunità, rende rare alcune specie poco tolleranti ed amplifica poche specie che diventano molto abbondanti; di concerto cambiano i processi che regolano il funzionamento degli ambienti poco profondi (Bolpagni *et al.*, 2007). Infatti, in condizioni di oligotrofia ed elevata trasparenza, l'interfaccia acqua-sedimento è colonizzata da letti algali o piante superiori che ossigenano gli strati di acqua a contatto con il fondale e permettono l'attività della componente microbica aerobica nel substrato (Pinardi *et al.*, 2009; Ribaudo *et al.*, 2011). Letti di microalghe e di piante radicate inoltre stabilizzano il fondo, impedendone la risospensione, costituiscono una risorsa trofica per numerosi organismi ed un sito di rifugio o per la riproduzione e deposizione di uova per diverse specie. Le radici, inoltre, trasportano quote variabili di ossigeno in profondità e favoriscono in questo modo processi come la nitrificazio-

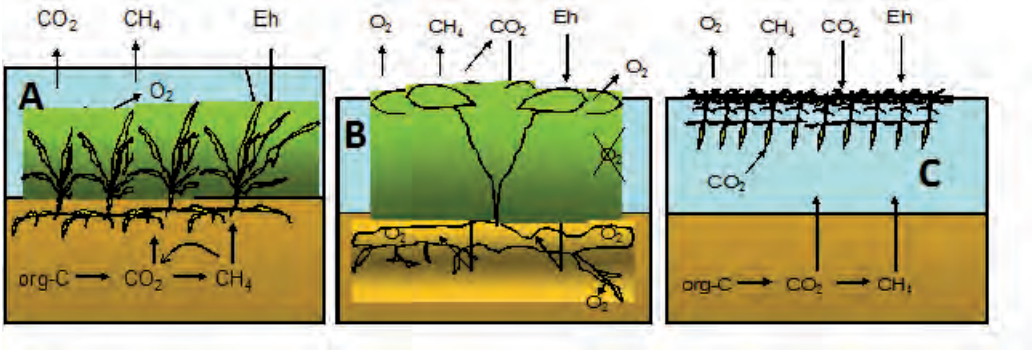


Fig. 3.

Transizione delle comunità macrofitiche di un sistema acquatico da sommerse a flottanti. Questo *shift* è favorito dai processi di eutrofizzazione, che rendono i produttori primari meno dipendenti dai sedimenti per i nutrienti disciolti. Sono rappresentate inoltre alcune possibili implicazioni per le dinamiche dei gasi disciolti (ossigeno, anodride carbonica e metano). A=sistema a macrofite sommerse, B=sistema a macrofite radicate con foglie flottanti, C=sostema a macrofite flottanti con radici in acqua

ne e la denitrificazione accoppiata, la riossidazione del metano o la precipitazione del fosforo in forme insolubili (fig. 4).

Semplificando, si potrebbe affermare che la vegetazione radicata sommersa tende a mantenere e promuovere sedimenti ossidati e acque trasparenti, povere di nutrienti, in cui la luce penetra in profondità. Sedimenti ossidati con radici sono in grado di rallentare il rilascio delle componenti minerali o di determinarne la perdita (denitrificazione) o il seppellimento (precipitazione del fosforo). Le quote riciclate sono spesso immediatamente assimilate dalle fronde delle macrofite o dai microorganismi adesi e rimangono quindi confinate all'interno dei letti.

Gli ambienti acquatici dominati da fitoplancton presentano, invece, acque torbide caratterizzate da grandi variazioni del tenore di ossigeno disciolto. Alla sovrasaturazione nella fase luminosa è generalmente accoppiata sottosaturazione o anossia nella fase notturna, a causa degli elevati valori di respirazione in acqua. Una estremizzazione dei cambiamenti delle comunità dei produttori primari si ha quando si affermano le pleustofite, piante galleggianti con radici in acqua (fig. 5).

Queste macrofite ombreggiano la colonna d'acqua, impediscono la fotosintesi di altri produttori primari, costituiscono una barriera fisica alla diffusione dei gas dall'atmosfera verso l'acqua e molto spesso determinano

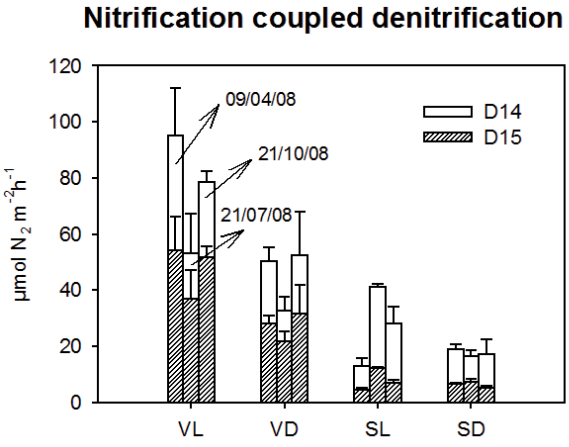


Fig. 4.

Vallisneria spiralis si presta ad esperimenti di laboratorio e sopporta bene il trapianto in microcosmo (parte sinistra). Sono evidenti, attraverso la parete trasparente di plexiglass, le parti di sedimento chiaro adiacenti alle radici di questa macrofita, chiaro segnale del trasporto attivo di ossigeno ai sedimenti. Il fenomeno non interessa solo la porzione apicale dei peli radicali, quella che esplora orizzonti nuovi di sedimento e deve quindi detossificarli, ma appare generalizzato e quantitativamente rilevante. In incubazioni alla luce e al buio, i sedimenti con Vallisneria (VL e VD) rimuovono per denitrificazione (D15 e D14) molto più azoto rispetto ai sedimenti non colonizzati (SL ed SD) (parte destra della figura). Questo è spiegato dalla nitrificazione, che avviene nella porzione ossigenata del sedimento adiacente alle radici, e dalla denitrificazione, che avviene nel sedimento anossico circostante

prolungati periodi di anossia. In assenza di ossigeno il metabolismo anaerobico diventa dominante ed il sedimento rilascia grandi quantità di ammonio, fosforo e metano all'acqua.

Gli autori che hanno studiato le comunità a *pleustofite* affermano che questa tiopologia di macrofite tende e modificare l'ambiente colonizzato in una direzione tale da rendere difficile il ritorno alle condizioni originarie. La presenza delle *pleustofite,* infatti, limita fortemente la capacità del sedimento di rimuovere azoto per denitrificazione e di intrappolare fosforo in forme insolubili; in definitiva promuove un elevato tasso di riciclo ed il mantenimento di concentrazioni elevate dei due elementi in acqua. Gli ambienti a *pleustofite* sono generalmente poveri di ittiofauna a causa dei bassi tenori di ossigeno in acqua.

16.3 Il recupero del Trasimeno: un percorso a tappe

Il lago Trasimeno ha acque torbide, ricche di fitoplancton, e presenta occasionali fioriture di cianobatteri. La presenza di questi gruppi algali, in grado di fissare azoto atmosferico, è generalmente associata a squilibri nella disponibilità relativa di azoto, fosforo e silice e in particolare ad una maggiore presenza di fosforo. Questo elemento ha un ciclo prettamente sedimentario e la sua presenza in acqua in elevate concentrazioni è associata a condizioni riducenti a livello di substrato, alla saturazione dei *buffer* biogeochimici, ad apporti dal

Fig. 5.

La copertura totale di macrofite galleggianti determina spesso fenomeni di anossia prolungata nelle acque, con conseguenze nefaste per organismi tolleranti come i Ciprinidi e per il rilascio di nutrienti (fosforo reattivo in particolare) dai sedimenti riducenti. Sembra che queste macrofite inducano condizioni che promuovono la loro permanenza negli ambienti colonizzati ed escludano la copresenza di altri produttori primari

bacino o ancora agli effetti di una parte importante della componente ittica che ne facilita il rilascio (Chakrabarty e Das, 2007). Esistono diversi approcci sperimentali per verificare se i sedimenti rilasciano proporzionalmente più fosforo all'acqua rispetto all'azoto o alla silice; basterebbe effettuare delle incubazioni di carote intatte e misurare i tassi di riciclo dei tre elementi. Esistono anche diversi sistemi per il calcolo del bilancio dei tre elementi a livello di bacino, in modo tale da quantificare con precisione le pressioni complessive e, all'interno di queste, identificare le principali sorgenti di inquinamento al lago. I carichi di origine diffusa devono per forza essere stimati in base alle caratteristiche dei suoli e alle colture prevalenti mentre i carichi di origine puntiforme possono essere quantificati e monitorati in dettaglio, mediante prelievi, analisi chimiche e misure di portata degli immissari. Nell'ottica del risanamento del sistema lacustre, sarà necessario pianificare interventi per la riduzione di entrambi gli apporti diffusi e puntiformi al lago. Occorre adeguare il livello dei nutrienti alla capacità metabolica del sistema originario, colonizzato da macrofite sommerse e caratterizzato da acque limpide.

Analisi attuali e retrospettive del bacino mediante telerilevamento consentono inoltre di valutare i cambiamenti più significativi a livello di paesaggio così come di pianificare interventi a protezione del corpo idrico mediante il ripristino, ove possibile, di fasce vegetate riparie.

La transizione di un sistema torbido verso un sistema con acque trasparenti impone un efficace controllo dei carichi inquinanti e può essere supportato da interventi quali la reintroduzione progressiva di macrofite sommerse. Il trapianto delle fanerogame deve seguire una serie di prove pilota in laboratorio in cui vengono scelte le macrofite che meglio si adattano ai sedimenti del lago Trasimeno e sono in grado di effettuare fotosintesi alle basse intensità luminose tipiche degli ambienti con acque torbide.

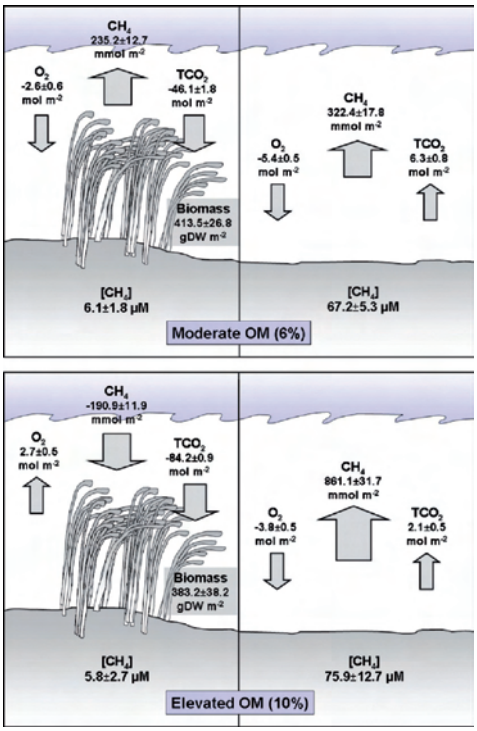


Fig. 6.

Bilancio stagionale di tre gas (ossigeno, anidride carbonica e metano) in una porzione di sedimento colonizzato da macrofite radicate sommerse (sinistra) e in una porzione di sedimento senza vegetazione. Si tratta di un substrato organico, paragonabile a quello del lago Trasimeno, con un tenore di sostanza organica elevato, pari al 10%. La presenza della macrofita rende il sistema bentonico una sorgente per l'ossigeno disciolto e una trappola per metano e anidride carbonica (oltre che per l'azoto ed il fosforo). Al contrario, i sedimenti senza piante sono nettamente eterotrofi e rigenerano grandi quantità di CO_2 e CH_4, oltre ad azoto ammoniacale e fosforo ortofosfato (Ribaudo et al., 2011)

Il laboratorio del Dipartimento di Scienze Ambientali di Parma ha svolto diversi esperimenti per testare la capacità di una macrofita sommersa (*V. spiralis*) di colonizzare sedimenti ad alto carico organico. I risultati ottenuti in microcosmi sono estremamente incoraggianti poiché rivelano che questa pianta è facilmente maneggiabile, fotosintetizza a bassa intensità luminosa, può crescere in sedimenti riducenti e soprattutto ne modifica il chimismo in tempi rapidi poiché in grado di convogliare molto ossigeno alle radici. In questo modo *V. spiralis* promuove condizioni ossidanti, le perdite di azoto, il sequestro del fosforo e la riossidazione del metano (fig. 6). E' legittimo aspettarsi che la reintroduzione di una macrofita analoga nel lago Trasimento, nel momento in cui i carichi dei nutrienti saranno attenuati, innescherà meccanismi di feedback tali da accelerare la oligotrofizzazione del sistema e la transizione verso un lago con acque limpide.

Bibliografia

Bartoli, M., Racchetti E., Delconte C.A., Sacchi E., Soana E., Laini A., Longhi D., Viaroli P. (2011) - *Nitrogen balance and fate in a heavily impacted watershed (Oglio River, Northern Italy): in quest of the missing sources and sinks*. Biogeosciences Discussions 8: 9235-9281.

Bolpagni R., Pierobon E., Longhi D., Nizzoli D., Bartoli M., Tomaselli M., Viaroli P. (2007) - *Diurnal exchanges of CO_2 and CH_4 across the water-atmosphere interface in a water chestnut meadow (*Trapa natans *L.)*. Aquatic Botany 87(1): 43-48.

Burkholder, J.M. (2003) - *Eutrophication and Oligotrophication*. Encyclopedia of Biodiversity, pages 649-670.

Calderoni A., Mosello R. (1996) - *L'eutrofizzazione del Lago Maggiore e il suo risanamento.* In: Il Lago Maggiore: una risorsa ritrovata. Convegno di Studio e Informazione in ricordo di Livia Tonolli (Pallanza, 20 Maggio 1995). Documenta Ist. ital. Idrobiol., 56: 5-20.

Chakrabarty, D., Das S.K. (2007) - *Bioturbation-induced phosphorous release from an insoluble phosphate source.* Biosystems, 90(2): 309-313.

Conley, D.J., Bj*rck, S., Bonsdorff, E., Carstensen, J., Destouni, G., Gustafsson, B.G., Hietanen, S., Kortekaas, M., Kuosa, H., Meier, H.E.M., M*ller-Karulis, B., Nordberg, K., Norkko, A., N*rnberg, G., Pitk*nen, H., Rabalais, N.N., Rosenberg, R., Savchuk, O.P., Slomp, C.P., Voss, M., Wulff, F., Zill*n, L. (2009) - *Hypoxia-related processes in the Baltic Sea*. Environmental Science & Technology 43, 3412-3420.

De Bernardi, R., Calderoni A., Mosello R. (1996) - *Environmental problems in Italian lakes, and lakes Maggiore and Orta as successful examples of correct management leading to restoration.* Verh. int. Verein. Limnol., 26: 123-138.

Fahnenstiel, G. L., Scavia, D. (1987) - *Dynamics of Lake Michigan phytoplankton: recent changes in surface and deep communities*. Can. J. Fish Aquat. Sci., 44: 509–514.

Nixon, S.W., Fulweiler R. W., Buckley B. A., Granger S. L., Nowicki B. L., Henry K. M. (2009) - *The impact of changing climate on phenology, productivity, and benthic–pelagic coupling in Narragansett Bay*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 82(1): 1-18.

Pinardi, M., Bartoli, M., Longhi, D., Marzocchi, U., Laini, A., Ribaudo, C., Viaroli, P. (2009) - *Benthic metabolism and denitrification rates in a river reach: a comparison between vegetated and bare sediments*. J. Limnol. 68, 133–145.

Ribaudo C., Bartoli M., Racchetti E., Longhi D., Viaroli P. (2011) - *O_2, DIC and CH_4 fluxes in sediments with Vallisneria spiralis: indications for radial oxygen loss*. Aquatic Botany, 94: 134-142.

Robertson P. M., Vitousek, G. P. (2009) - *Nitrogen in Agriculture: Balancing the Cost of an Essential Resource.* Annu. Rev. Environ. Resour., 34, 97.

Rotz, C. A. (2004) - *Management to Reduce Nitrogen Losses in Animal Production*. J. Anim. Sci., 82 (13), 119.

Scheffer M., Szabo S., Graganani A., van Nes E.H., Rinaldi S., Kautsky N., Noeberg J., Roijackers R.M.M., Franken R.J.M. (2003) - *Floating plant dominance as a stable state.* Proc. Natl. Acad. Sci. 100, 4040–4045.

Soana E., Racchetti E., Laini A., Bartoli M., Viaroli P. (2011) - *Soil Budget, Net Export, and Potential Sinks of Nitrogen in the Lower Oglio River Watershed (Northern Italy).* Clean – Soil, Air, Water 39(11), 956-965.

Vitousek, P M., Aber J. D., Howarth R. W., Likens G. E., Matson P. A., Schindler D. W., Schlesinger W. H., Tilman D. G. (1997) - *Human alteration of global nitrogen cycle: sources and consequences.* Ecological Applications 7:737–750.

17 Il recupero ecologico del lago attraverso una gestione ambientale consapevole

Angiolo Martinelli

17.1 Pressioni ed elementi di lettura nel tempo

17.1.1 Evoluzione delle pressioni nel bacino e sul lago

La scarsa capacità idrica e i lunghi tempi di ricambio del lago lo rendono particolarmente sensibile, oltre che alle variazioni climatiche, agli impatti delle pressioni esterne derivanti dalle pur contenute attività umane.

Le pressioni di tipo civile, industriale e zootecnico sono state, almeno negli ultimi 40 anni, oggetto di stime e valutazioni che consentono di delinearne a grandi linee la loro evoluzione, anche se non in modo accurato e quantificabile, come scarico effettivo trasferito al reticolo idrografico superficiale ed al lago.

Tiberi *et al.* nel 1973 riportano un primo stato embrionale di quella che è la situazione a inizi anni '70, con pressioni ancora ridotte ma impattanti per lo scarso trattamento degli effluenti emessi.

Le fogne erano presenti in gran parte dei centri abitati, ma le acque reflue non erano depurate e andavano a volte anche direttamente a lago.

Le poche attività industriali di una certa rilevanza non avevano in genere sistemi di trattamento, gli allevamenti ed i mattatoi disperdevano i loro reflui in vario modo nell'ambiente, e gran parte di tutto ciò andava a finire al lago.

Da notare che la popolazione suinicola era distribuita un po' su tutti i comuni e raggiungeva solo circa 9.000 capi. Una decina di anni più tardi, con gli obblighi derivanti dalla Legge Merli del 1976, il quadro delle acque reflue civili si evolve verso una lenta infrastrutturazione fognario-depurativa.

I dati riportati dal Piano regionale di risanamento delle acque (Regione Umbria, 1986), sonoriferiti all'inizio degli anni '80 e valutano solo le pressioni teoriche civili, industriali e zootecniche in termini di abitanti equivalenti, allargando la valutazione a tutte le attività produttive del bacino:

- pressione totale (a.e. stimati): 290.408;
- popolazione residente (ISTAT 1981): 28.417;
- pressione industriale (a.e. stimati): 54.745 (65 aziende);

- pressione zootecnica (a.e. stimati): 207.246 (presenti oltre 20.000 suini).

I dati riportati evidenziano la forte prevalenza della componente zootecnica (70% circa) ed un carico industriale circa doppio di quello civile.

Ad una leggera crescita dei capi bovini e alla segnalazione degli allevamenti ovini ed avicoli, si associa un raddoppio della popolazione suinicola.

Un quadro dello stato depurativo civile relativo alla seconda metà degli anni 80 è presentato da Tanzilli e De Bartolomeo nel 1989.

Si evidenziano le ripercussioni della crisi balneare del lago (balneazione 1983 a seguito dell'attuazione della normativa, DPR 470/82), citata nella parte prima del volume, che ha avuto l'effetto di spronare lo sviluppo del sistema fognario-depurativo, con l'attivazione o l'adeguamento di un buon numero di impianti civili e produttivi.

A fronte di una stima di oltre 27.000 abitanti equivalenti depurati, ne restato tuttavia ancora quasi 10.000 non trattati.

Dagli anni ottanta ad oggi la situazione si è evoluta con gradualità, ma senza particolare efficacia depurativa sia nel settore civile, sia in quello zootecnico (Boggia e Pennacchi, 1999).

La popolazione suinicola è cresciuta per l'instaurarsi di sistemi di gestione industriale basati su commesse extraregionali (soccida), e al contempo sono state emanate norme che ne dovrebbero aver contenuto l'impatto sui corpi idrici attraverso l'utilizzazione agronomica ponderata sui terreni coltivati ed il rispetto delle fasce prospicienti torrenti, fossi e lago (DGR n. 1577/2000 disciplina provvisoria sulle utilizzazioni agronomiche: D.Lgs. 99/92 sull'uso dei fanghi di depurazione in agricoltura; DM 7 aprile 2007 sui criteri per la gestione degli effluenti di allevamento; DGR n. 1492 del 6 settembre 2006 direttiva tecnica regionale sugli effluenti di allevamento; DGR n. 2052 del 7 dicembre 2005 programma d'azione per le zone vulnerabili da nitrati).

La tab. 1 riassume il quadro della consistenza zootecnica negli anni. Le stime riportate possono non avere tutte la stessa affidabilità, in particolare per la localizzazione nel bacino del lago.

Negli anni è stato realizzato il censimento delle superfici catastali autorizzate alla fertirrigazione per gli effluenti zootecnici suinicoli, critici per l'ambiente lacuale proprio per il loro possibile dilavamento e trasporto al lago (Mennella e Vizzari, 2008).

Mappature elaborate da Arpa Umbria presentano le situazioni aggiornate agli anni 2002, 2005, 2010, ed evidenziano una sostanziale stabilità in termini di superfici complessive e distribuzioni.

Tabella 1 – Stime del numero di capi di bestiame presenti nel bacino del Trasimeno negli ultimi decenni

FONTE Specie	Tiberi (1973)	PRRA (1986)	ASL (1994)	Arpa (2004)	Arpa (2010)
Suini	8.889	20.648	36.023	37.743	29.143
Bovini/Equini	1.203	1.684	1.556	1.767	1.437
Avicoli	n.r.	511.000	345.290	220.000	297.000
Ovicaprini	n.r.	4.728	5.634	n.r.	n.r.

In fig. 1 si riporta un quadro generale, includendo anche la delimitazione della Zona vulnerabile da nitrati istituita dalla Regione ai sensi della normativa vigente (DGR n. 1201 del 19 luglio 2005).

Tale Zona vulnerabile è stata soggetta all'applicazione delle misure previste dalla Direttiva Regionale (DGR n. 2052/2005), per il contenimento dei carichi azotati al suolo, misure ribadite nel Piano regionale di tutela delle acque (DCR 357/2009, BUR Regione Umbria 5/2010).

La valutazione dei carichi effettivi sversati al lago è stata realizzata solo per il Piano regionale di tutela delle acque, e ciò non consente di effettuare raffronti numerici con il passato.

L'allontanamento di parte dei reflui dal bacino del lago, il raggiungimento di un buon livello depurativo nel settore civile, anche se ancora non ottimale, la riduzione delle attività industriali presenti, la rispondenza alla necessità delle superfici agricole destinate alla fertirrigazione, portano a ritenere che i carichi pregressi scaricati nel lago annualmente siano stati ben maggiori.

I valori definiti, riferiti ai primi anni 2000 sono quelli riportati in tab. 2.

Negli ultimi anni, l'attuazione degli obiettivi fissati dalla normativa nazionale (D.Lgs. 152/06) e regionale nel settore della depurazione civile, ha portato ad un aggiornamento del Piano d'ambito ed a nuovi interventi di miglioramento del sistema fognario-depurativo.

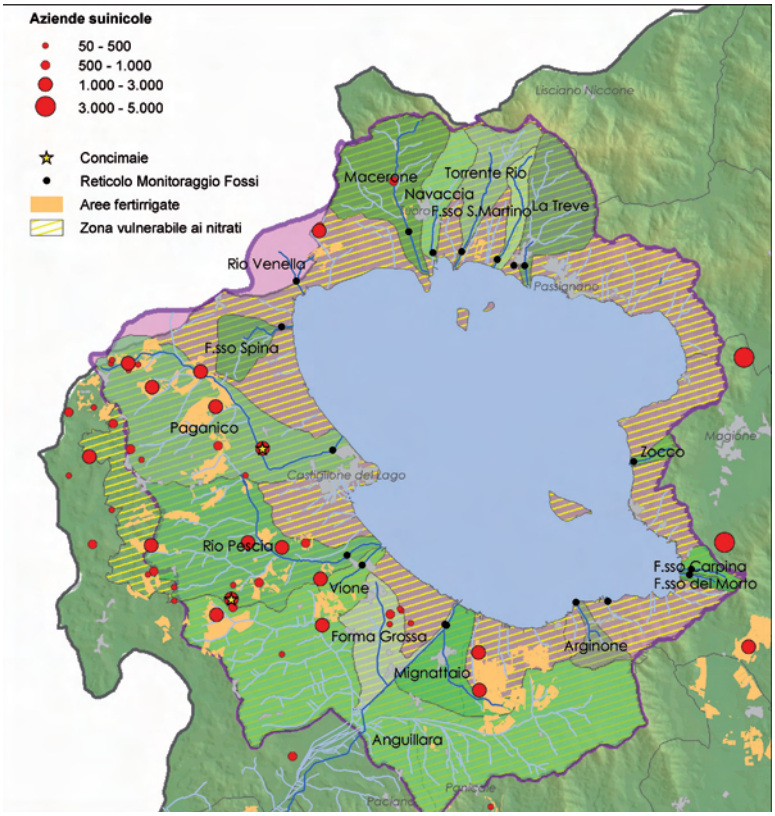


Fig. 1.
Localizzazione delle superfici fertirrigue autorizzate e degli allevamenti nel bacino del Trasimeno

Come riferito dai Servizi regionali al convegno di Castiglione del Lago del 1-2 dicembre 2010, e riportato negli Atti allegati alla presente pubblicazione, nuovi ulteriori investimenti sono in via di definizione per adeguare il sistema alle misure del Piano di tutela.

Prendendo a riferimento l'evoluzione delle caratteristiche degli effluenti dei 2 maggiori depuratori presenti sul bacino, quello a servizio di Passignano e Tuoro (Le Pedate) e quello di Castiglione del Lago (Madonna del Soccorso), si evidenzia come negli ultimi 10 anni ci siano stati miglioramenti dell'efficienza depurativa, ma non si sia ancora giunti a garantire per azoto e fosforo il mantenimento di concentrazioni inferiori a quelle fissate per gli scarichi in aree sensibili (10 e 1 mg/L), qual è il bacino del Trasimeno dalla prima designazione ufficiale (DGR n. 274 del 12 marzo 2003).

Tabella 2 - Carichi effettivi sversati (in tonnellate/anno) nei corpi idrici superficiali del bacino del Trasimeno (stime Piano regionale di tutela delle acque)

	Depuratori	*Eccedenze depurazione*	*Scarichi non trattati*	*Scaricatori di piena*	*Industria*	*Suolo*	*Agricoltura*	*Zootecnica*	*Totale (t/anno)*
BOD5	14,2	7,3	29,8	176,4	88.3	6.36		163.4	485.7
Fosforo	2,4	0,2	0,8	5,9	0.2	0.12	21.3	5.6	36.5
Azoto	22,4	1,5	6,1	19,0	2.7	5.9	488.2	127.6	673.4

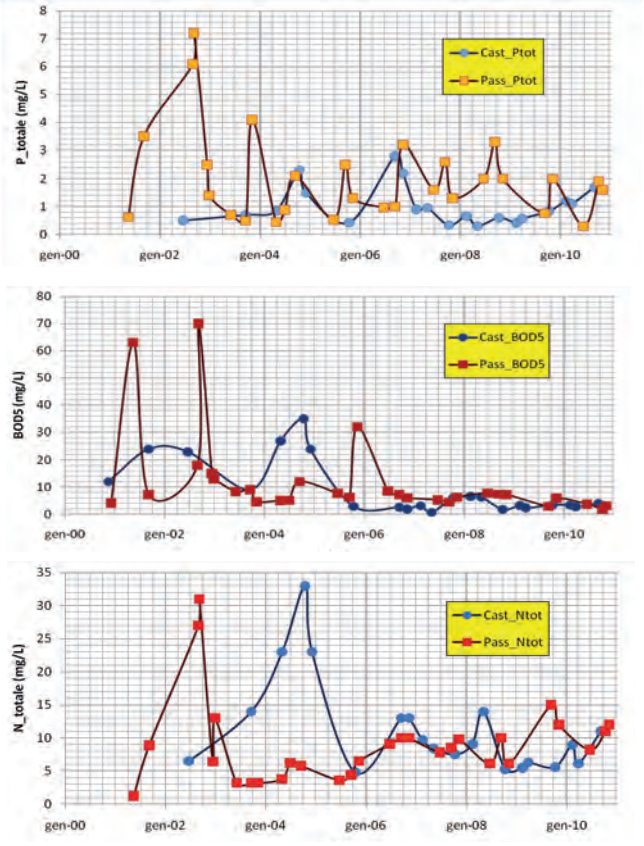


Fig. 2.
Andamento qualitativo dei nutrienti e del carico organico in uscita dai principali depuratori urbani (Le Pedate - Pass, e Madonna del Soccorso - Cast)

17.1.2. I carichi inquinanti trasportati al lago dai corsi d'acqua

Un altro modo per valutare direttamente come siano cambiate le pressioni effettive sul lago è recuperare i dati di monitoraggio sui principali fossi, tendendo presente che dimensioni dei bacini, altitudini e permeabilità dei terreni, consentono solo in pochi casi un deflusso più o meno costante.

Attività di studio recenti sono state realizzate da Arpa Umbria, in accordo con la Regione Umbria per valutare l'incidenza dei principali immissari (19 corsi d'acqua affluenti individuati nella tav. 10 del Piano stralcio dell'Autorità di bacino) sulla qualità delle acque lacustri, con particolare riferimento all'impatto derivante dalle pratiche agricole.

Due fasi di monitoraggio a cavallo tra il 2003 ed il 2005 hanno osservato con diversa frequenza, consistenza e durata 8 corsi d'acqua significativi e 11 minori (nei periodi di pioggia), giungendo a tracciare un bilancio esaustivo da usare come riferimento sia per il passato che per valutare le misure di tutela ambientale realizzate (Charavgis *et al.*, 2005; Cingolani *et al.*, 2005).

Oltre a parametri chimici e fitofarmaci, è stata valutata l'integrità degli ecosistemi acquatici attraverso lo studio delle comunità macrobentoniche (I.B.E.).

Nella tab. 3 si riportano alcuni dei dati misurati relativi a fosforo e azoto totale, confrontati con analoghe indagini degli anni '80 (Franconi *et al.*, 1987) e successivi rilievi a campione significativo di Arpa.

Tabella 3 – Concentrazioni di nutrienti nei fossi principali dagli anni '80 ad oggi

Corso d'acqua	*Anni '80 (PMP)*		*2005 (Arpa)*		*2009 (Arpa)*	
	N tot mg/L medio	*N tot mg/L max*	*N tot mg/L medio*	*N tot mg/L max*	*N tot mg/L medio*	*N tot mg/L max*
Rio Pescia	15.61	24.52	8.92	14	6.34	8.55
Paganico	10.76	12.33	8.8	14	8.95	10.01
Rio Venella	9.53	18.1	9.84	46		
Macerone	0.74	0.9	1.88	4		
La Treve	2.21	3.3	3.48	4.5		
Sx Anguillara (Formagrossa)	2.3	5.01	9.12	14	12.65	19.65
Dx. Angullara (Mignattaio)	9.4	20.79	4.82	9.7		
Canale Anguillara	3.1	4.2	2.45	6.4	2.47	3.70

Corso d'acqua	*Anni '80 (PMP)*		*2005 (Arpa)*		*2009 (Arpa)*	
	P tot mg/L medio	*P tot mg/L max*	*P tot mg/L medio*	*P tot mg/L max*	*P tot mg/L medio*	*P tot mg/L max*
Rio Pescia	0.53	1	0.43	1.4	0.17	0.30
Paganico	0.78	1.1	0.76	2.1	1.26	1.93
Rio Venella	0.36	1.4	0.79	2.9		
Macerone	0.05	0.08	0.14	0.39		
La Treve	0.02	0.05	0.13	0.55		
Sx Anguillara (Formagrossa)	0.54	1.1	1.48	2.8	1.84	2.85
Dx. Angullara (Mignattaio)	0.11	0.23	0.52	1.5		
Canale Anguillara	0.04	0.18	0.06	0.32	0.11	0.23

I risultati non sono molto incoraggianti, evidenziando per gli affluenti principali valori medi il più delle volte in crescita, contrapposti a valori massimi in generale contrazione.

Il dato particolare del Formagrossa risente dello scarico del depuratore Pineta (settore sud di Castiglione del Lago).

Sui dati 2003-2005, per alcuni dei fossi principali, è stato possibile effettuare una valutazione dei carichi inquinanti veicolati al lago Trasimeno, utilizzando stime indirette di deflusso mensile da dati meteo e coefficienti regionali.

In tab. 4 si riportano portate medie annue e carichi medi annui stimati su base mensile per i principali indicatori del Piano di tutela delle acque (esclusi BOD5 e Solidi Sospesi Totali).

Nei dati del torrente Paganico ricadono anche le acque reflue in uscita dal depuratore Madonna del Soccorso, mentre il depuratore Le Pedate entra nel Lago autonomamente.

Confrontando questi dati con le stime di tab. 3, tenendo conto del carico indicativamente emesso da Le Pedate (BOD annuo circa 13.000, Ntot annuo 10.000, Ptot annuo 2.000 kg, con un rapporto teorico COD/BOD pari a 1,5-2), della superficie del bacino drenata dai fossi riportati, si evidenzia una buona rispondenza per il carico organico (BOD/COD), mentre azoto e fosforo sembrano essere sugli stessi ordini di grandezza, ma più bassi come valore complessivo.

L'esiguità delle superfici dei bacini indagati e delle portate, l'irregolarità

Tabella 4 – Carichi transitanti al lago stimati negli anni 2004 e 2005

Corso d'acqua	*Portata annua stimata (m^3)*	*CARICHI TOTALI 2004*			
		COD kg	*Azoto ammoniacale kg*	*Azoto totale Kg*	*Ortofosfato kg*
Paganico	5.161.072	190.798	39.590	46.708	3.301
Rio Pescia	5.190.640	86.429	3.702	47.478	950
Anguillara	16.534.560	262.168	1.826	53.799	917
La Treve	1.273.552	16.785	69	619	83
Formagrossa	2.307.200	61.530	2.520	18.261	2.620
Macerone	1.612.306	29.268	260	2.611	200
TOTALE	**32.079.330**	**646.978**	**47.967**	**207.690**	**8.071**

Corso d'acqua	*Portata annua stimata (m^3)*	*CARICHI TOTALI 2005*			
		COD kg	*Azoto ammoniacale kg*	*Azoto totale kg*	*Fosforo totale kg*
Paganico	6.031.844	133.146	4.128	47.258	3.444
Rio Pescia	5.711.851	116.318	4.179	43.871	2.049
Anguillara	17.126.676	337.507	9.203	50.598	2.071
La Treve	2.437.644	35.501	300	5.927	318
Formagrossa	2.442.171	58.986	2.791	19.231	2.887
Macerone	3.632.970	49.480	207	3.717	337
Mignattaio	1.588.597	48.164	898	6.871	773
TOTALE	**38.971.752**	**779.102**	**21.706**	**177.473**	**11.879**

delle stesse ed i criteri di stima non consentono ulteriori valutazioni.

Occorre, inoltre, considerare l'elevata variabilità meteoclimatica stagionale e pluriennale, molto significativa rispetto ai processi di dilavamento e trasporto delle fonti diffuse agro-zootecniche.

Alla scarsa qualità ambientale dei corsi d'acqua (valutata con le vecchie metodiche del D.Lgs.152/99) si affianca l'evidenza di una significativa contaminazione primaverile-estiva da prodotti fitosanitari, sia per frequenze e valori di concentrazione che per numero di principi attivi complessivamente individuati (12 su 75 ricercati), in particolare per gli erbicidi Metolachlor, Terbutilazina e Terbutilazina desetil (tab. 5).

Tracce degli stessi tre sono state anche ritrovate saltuariamente nelle acque del Lago prospicienti le foci, confermando l'ipotesi di possibili effetti tossici localizzati e ciclici sull'ecosistema costiero lacustre.

17.1.3. Quadro sull'evoluzione dei sedimenti

I sedimenti del lago, esclusa una stretta fascia costiera del settore occidentale, sono essenzialmente di natura limo-argillosa.

L'importanza del sedimento è tutta connessa ai meccanismi di scambio e di rimobilizzazione fisica che possono avvenire nelle diverse condizioni stagionali, diurno-notturne, meteorologiche ed è limitata ai primi centimetri direttamente a contatto con la massa d'acqua lacustre.

L'importanza delle condizioni ossido-riduttive è rimarcata costantemente dal mondo della ricerca, con evidenze certe di rilascio di nutrienti in condizioni di anossia del fondale.

In un lago laminare, quale il Trasimeno, le evidenze del monitoraggio non mostrano in genere acque di fondo in tali condizioni, o significativi incrementi di nutrienti in soluzione all'interfaccia, ma mancano dati di rilievi notturni.

Tabella 5 - Presenza di prodotti fitosanitari nei fossi monitorati negli anni 2003-2005

Principio attivo	*Corpi idrici monitorati*	*Numero campionamenti*	*Numero positività*	*Corpi idrici positivi*	*Valore massimo rilevato (mg/L)*
Metolaclor	10+10	256	75	15	77,4 (Pescia)
Terbutilazina	10+10	256	65	16	18,4 (Pescia)
Terbutilazina desetil	10	94	24	7	1,01 (Formagrossa)
Clortoluron	10	94	17	3	0,78 (Venella)
Procimidone	8	40	3	3	300,1 (Paganico)
Diazinon	6	20	2	2	0,78 (Paganico)
Propiconazolo	6	20	2	1	0,93 (Paganico)
Alaclor	10	94	1	1	0,29 (Formagrossa)
Atrazina Desisopropil	10	94	1	1	0,17 (Paganico)
Propizamide	10	162	1	1	0,53 (Formagrossa)
Simazina	10	162	1	1	0,13 (Pescia)
Tebuconazolo	6	19	1	1	0,02 (Formagrossa)

Livello di accrescimento dei sedimenti, loro consistenza e condizione ossidoriduttiva all'interfaccia sono anche importanti in confronto alla capacità di favorire lo sviluppo di vegetazione sommersa.

Elementi turbativi della stratificazione dei sedimenti possono instaurarsi sia per fenomeni biomeccanici (bioturbazione) che chimico-fisici (migrazione, scambio).

I sedimenti del lago, molli e più o meno consolidati, sono in genere anossici (vedasi la parte terza del volume), se si eccettua una ridotta porzione superficiale distinguibile in due forme:

- il sedimento "instabile" all'interfaccia con l'acqua, pochi millimetri o al massimo un paio di centimetri, di recente deposizione e costituito da una più o meno abbondante frazione organica ancora non decomposta (indicativamente simile ai rapporti riportati più avanti nella fig. 6), prevalentemente planctonica al di fuori delle aree a copertura macrofitica;
- le porzioni delle strato superficiale interessate da bioturbazione ed apparati radicali, che riescono ad essere ossigenate per via fisica o per rilascio dalla vegetazione (alghe, macrofite radicate), consentendo in particolare la precipitazione dei metalli e la fissazione del fosforo, la decomposizione della frazione organica.

Nella fig. 3, relativa al campionamento di centro lago del 2008, è ben visibile una prima parte di sedimento con tracce e punti giallo-rossastri, dovuti a bioturbazione.

Si può facilmente ben apprezzare inoltre l'abbondante presenza di tracce organiche, tra i 30 ed il 50 cm di profondità, non presenti nel sedimento più recente.

Ciò potrebbe essere ricondotto ad una maggior sedimentazione inorganica dovuta al trasporto solido conseguente all'ampliamento del bacino, così come ad una minor deposizione organica (o maggior degradazione) connessa con gli equilibri biologici del lago.

Altra caratteristica ben visibile al campionamento dei sedimenti subsuperficiali, è la presenza di gas interstiziale (metano e anidride carbonica), endogeno, intrappolato nel sedimento.

E' ben noto infatti che negli ambienti lacustri si abbiano significative emissioni di gas naturali da decomposizione: EMEP/EEA, 2009, attribuisce un valore medio di 60 mg/m^2/giorno, ai laghi temperati europei.

Fig. 3:
Vista dei primi 80 cm circa del carotaggio di centro-lago del settembre 2008

Studi biochimici evidenziano altresì che tali flussi variano fortemente in funzione dell'equilibrio instaurato nel lago (Bartoli, capitolo 16).

Al di là del coinvolgimento nei processi biochimici, geochimici e delle valutazioni ecologiche, è importante disporre di un quadro storico evolutivo dei sedimenti, in particolare per valutare l'evoluzione dei nutrienti intrappolati (e non riceduti) nei diversi periodi storici.

Un raffronto basato su diverse indagini è parzialmente possibile, tenendo conto della non corrispondenza dei punti di prelievo e della loro diversa dislocazione rispetto alle zone morfobatimetriche del lago, solo su dati abbastanza recenti, successivi al 1980.

In tab. 6, si riportano per i diversi ambienti, costiero e pelagico (almeno circa 1 km dalla costa), e per le diverse profondità, i dati medi disponibili. Purtroppo i tre studi analizzano parzialmente i parametri d'interesse.

Non molto si può dire per la sostanza organica, condizionata dalla stagionalità (De Bartolomeo *et al.*, 2004) e dalla variabilità locale rispetto al punto di prelievo.

Per l'azoto totale, non si osservano grosse diversità tra il sedimento superficiale costiero degli anni '80 e quello pelagico attuale, ma la corrispondenza tra i valori sub-superficiali di allora (-30 cm) e quelli di oggi (-50 cm), dovrebbe confermare una minor presenza nel passato (o quantomeno minor immagazzinamento). Difficile precisare esattamente a quale periodo si faccia riferimento, ma indicativamente si parla dell'ordine di un secolo fa.

Il fosforo totale risulta essere molto minore attualmente, nel sedimento superficiale, ma anche in quello subsuperficiale.

Sarebbe un segnale positivo se tale dato fosse riconducibile alla diminuzione dell'impatto antropico, ma, oltre alla non corrispondenza dei campionamenti (zona costiera e pelagica), non si possono escludere una serie di variabili non indipendenti, per prima cosa la velocità di sedimentazione.

Tabella 6 – confronto dei dati di composizione del sedimento superficiale dagli anni '80 ad oggi

Anni 1980 (Franconi et al., 1985)	Valori	Anno 2000 (De Bartolomeo et al., 2004)	Valori	Anno 2008 (Arpa, in questo vol.)	Valori
Sedimento superficiale costiero		*Sedimento superficiale costiero*		*Sedimento superficiale pelagico*	
Sostanza organica totale	5-12%	Sostanza organica totale	8-32,8%*	Carbonio totale TOC	3% 2%
Azoto totale medio	3,3 g/Kg			Azoto totale	2-4 g/Kg
Fosforo totale medio	1,45 g/Kg			Fosforo totale	0,2-0,4 g/Kg
Sedimenti sub-superficiali costieri, prof. > 30 cm				*Sedimenti prof. > 50 cm (centro lago)*	
				Carbonio totale	1,2-2,8%
Azoto totale medio	1,5 g/Kg			Azoto totale	1,5 g/Kg
Fosforo totale medio	0,55 g/Kg			Fosforo totale	0,23 g/Kg

Nota: * escluso punto di prelievo prospiciente Castiglione del Lago (valori 1,5-8%)

I due dati dei campioni sub-superficiali, il primo (-30 cm nel 1980) quasi il doppio dell'altro, devono essere attentamente valutati.

Resta un'ultima considerazione da fare prima di fare una valutazione sull'evoluzione dell'accumulo di nutrienti con i profili ricostruiti dai carotaggi effettuati nel 2008 (fig. 4). Le datazioni isotopiche citate nella parte terza indicano leggere differenze di velocità di sedimentazione, presumibilmente dovute alle ondulazioni del fondo ed alle correnti, non rendendo confrontabili per età i valori rilevati alle stesse profondità.

Il profilo a centro lago evidenzia bene una ciclicità storica con parametri che variano abbastanza in sincronia: più alti negli ultimi decenni e nella parte bassa del carotaggio, cosa non evidenziata dagli altri 2 profili in cui i valori sembrano più stabili (escluse alcune oscillazioni significative negli ultimi 20 cm) o con un tendenza costante di crescita (N e P per Castiglione).

17.2. Stato dell'arte, lezioni apprese

17.2.1 Archivi del progetto

Il lavoro promosso dal progetto sul Trasimeno si è posto obiettivi che riportassero al centro dell'attenzione tutta una serie di conoscenze ed elementi ecologici, molto spesso citati nei decenni trascorsi, ma altrettanto spesso ignorati quando si è trattato di attuare azioni sinergiche finalizzate al recupero della qualità ambientale del lago, qualità peraltro ignorata nella sua definizione.

Partire dalla ricostruzione del quadro delle conoscenze e la loro riproposizione a quanti fossero motivati a riprenderle in mano, aggiungendo approfondimenti tematici ed aggiornamenti sugli aspetti della qualita delle acque, degli organismi acquatici, della vegetazione, dei sedimenti, voleva dire provare a definire in senso "moderno (dicasi in coerenza con la Direttiva Quadro Acque)" lo stato ambientale e le condizioni di riferimento del lago, condizioni proprie e non generiche, auspicabili e non teoriche.

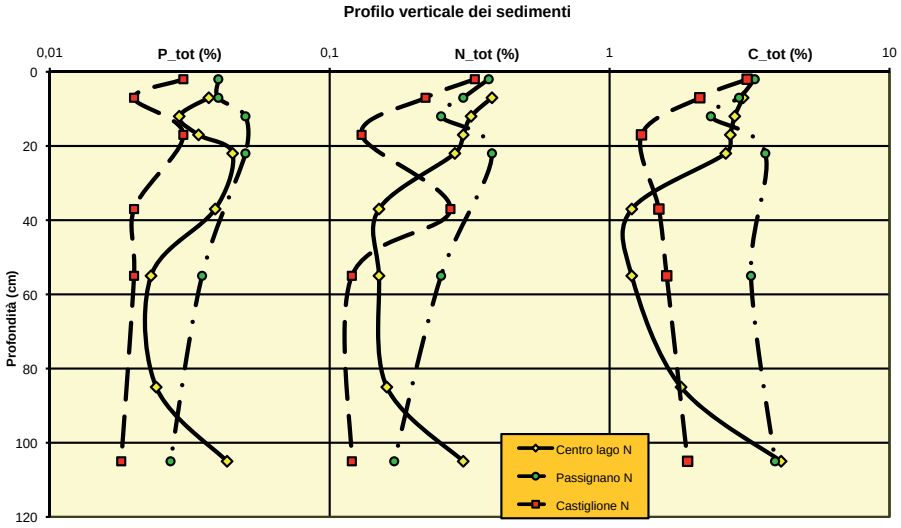


Fig. 4:
Profili di concentrazioni rilevate nei carotaggi di centro lago e delle zone di Passignano e Castiglione

Questo percorso voleva giungere a definire gli elementi fondamentali per un Piano di gestione (in senso WFD), creando una partecipazione allargata alle discussioni e alle soluzioni, mettendo a disposizione, ove possibile, anche in forma maggiormente accessibile, tutto quanto recuperato, analizzato, osservato, prodotto.

E il progetto, sempre tenendo conto delle necessarie evoluzioni delle strategie di lavoro in corso d` opera, ha prodotto dei risultati che la presente monografia cerca di inquadrare e riassumere: dalla raccolta dei documenti scientifici e tecnici, che va dalle sintesi significative ai quadri conoscitivi degli aspetti di maggior rilevanza ambientale, dalla dinamica recente della qualità delle acque e della vegetazione attraverso le osservazioni satellitari allo stato dei sedimenti campionati sul fondale.

Si sono introdotti i dati del nuovo monitoraggio biologico e le valutazioni preliminari per un ambiente lacuale poco profondo quale il Trasimeno, in attesa che a livello nazionale si stabilisca un metodo scientifico accurato per giudicare tali tipi di sistemi (è del 2 febbraio 2011 la pubblicazione del DM MATTM 260/2010 sulla classificazione delle acque, che rimanda all'ufficializzazione di metodi da parte di tutte le istituzioni e comunità scientifiche coinvolte). Si è evidenziata la necessita di riequilibrare il sistema ecologico-ambientale lago, adattare le scelte sul territorio, integrare la pianificazione e gli interventi sulla base di un modello concettuale allargato di funzioni causa-effetto.

Parte importante del lavoro realizzato, che non vuole mettere la parola definitiva sulla questione, ma, al contrario, far crescere il confronto, è la produzione dell` Archivio Web dati e documenti, compendio indispensabile della presente monografia.

E' una banca dati semplice e lineare, che con comuni logiche di navigazione dovrebbe consentire a tutti di visionare quanto disponibile, tutto ciò che è presente sia in forma originaria, estesa, che riassuntiva, grafica o divulgativa, realizzata dal progetto.

Nella fig. 5 si riporta la schermata iniziale dell'applicativo in HTML.

Lasciando ad ogni interessato libertà di navigazione, non resta che segnalare pochi elementi importanti, sia sul piano tecnico che umano:

- il motore di ricerca consente di rintracciare i documenti, non solo per tematica ed ordine alfabetico degli autori;
- tra le pubblicazioni pregresse sono stati inseriti in originale gli atti dei convegni tecnico-scientifico-istituzionali aventi per obiettivo l` ambiente del Trasimeno, già citati nel capitolo 1 del presente volume, al fine di rendere pubblico quanto ad oggi difficilmente rintracciabile;
- l` archivio, sicuramente incompleto, vuol essere solo il punto di partenza per un auspicabile progressivo aggiornamento ed una ampia condivisione con le istituzioni e gli enti di ricerca;
- un ringraziamento particolare non può non andare a tutti quanti hanno contribuito alla predisposizione della documentazione ivi contenuta.

Fig. 5:
Maschera di accesso alla banca dati Web del progetto

17.2.2 Evidenze

La scelta di non mettere al centro degli studi gli aspetti quantitativi della risorsa idrica del lago, gli usi/fabbisogni e le scelte gestionali delle acque per tutti gli usi civili, produttivi ed agricoli, deriva dal fatto che molto è stato fatto e detto in tal senso, che i volumi in gioco e l`affidabilità delle valutazioni sono accurati e non si può andare oltre, ragione per cui si è preso atto del mutato equilibrio meteoclimatico e delle strategie promosse a tutti i livelli per giungere ad un nuovo equilibrio idrico del lago e degli usi delle acque nel bacino.

La sostituzione dei prelievi potabili dal lago, così come prossimamente di quelli agricoli, utilizzando fonti fuori bacino idrografico artificialmente allargato, può essere considerato un nuovo stato di fatto, analogo alle scelte storiche di fissare una soglia idrica ottimale per frenare le oscillazioni verso l`alto delle sue acque.

Se poi tali apporti andranno anche a compensare i deficit negativi del livello del lago, riducendone le fluttuazioni stagionali/pluriennali, tale fatto sarà ancora più marcato.

Daremo in questo senso opportuno risalto, più avanti, al significato di queste mutate condizioni ambientali (non reversibili per valutazioni socio-economiche, come dice la Direttiva 2000/60) e di come influiscano negli obiettivi di recupero del buono stato ambientale.

Comprendere cosa sia accaduto a livello ecologico all'ambiente lacustre in quest`ultimo secolo di modifica delle sue condizioni generali, dovute agli interventi di regolazione, è un punto importante sul quale in passato si è raramente ragionato in senso ampio.

La ricerca scientifica e gli studi hanno spesso valutato approfonditamente le comunità biotiche, i principali gruppi di organismi vegetali ed animali presenti, documentandone cambiamenti ed adattamenti, talora ipotizzando anche le cause più probabili che hanno consentito tali modificazioni, prima fra tutte l`oscillazione del livello idrico e le conseguenti modifiche delle caratteristiche termiche e chimico fisiche stagionali delle acque.

Quasi tutti i ricercatori concordano nell`evidenziare una diminuzione della diversità di specie autoctone, della prevalenza di poche specie resistenti o invadenti, dell`arrivo di specie estranee, così come spesso della riduzione degli habitat.

Questo è ampiamente riportato nei capitoli precedenti, in particolare per i decenni recenti successivi alla grande crisi degli anni '50 ed al "buon recupero" degli anni '60-80, per il macrobenthos, le macrofite acquatiche, la fauna ittica, il fitoplancton e la vegetazione spondale-perilacuale, il canneto o fragmiteto s.l.

Già gli obiettivi del primo Piano regionale di risanamento delle acque, sorto sulle direttive della Legge Merli del 1976, erano quelli "logici" di riduzione dei carichi inquinanti provenienti dal bacino, in particolare dei nutrienti derivanti dalle acque reflue civili-industriali e dal carico diffuso agro-zootecnico.

Successivamente, si sono aggiunti anche altri obiettivi di contenimento del carico interno, del trasporto solido, di rimozione del carico organico (es. rimozione delle macrofite acquatiche, in analogia con i tanti laghi eutrofici ed ipertrofici degli anni '70-80), ragionando anche in termini d'intervento sul carico interno accumulatosi o ciclicamente rigenerato (vegetazione e sedimenti).

Quello che preme qui sottolineare, è la mancata definizione e valutazione dei processi che si sono sviluppati, e di

come si siano evolute le caratteristiche ecologico-ambientali che hanno portato il lago allo stato recente (di bassa qualità s.l.).

Senza voler qui riaprire la trattazione scientifica dei dati, è in ogni caso opportuno riordinare gli elementi più significativi ed utili a trarre le conclusioni, obiettivo del progetto.

La mancata attivazione dell'emissario negli ultimi 20 anni ha portato ad una modifica significativa della qualità chimica delle acque del lago, con incremento della salinità, dei cloruri e dei solfati che possono avere effetto sulle comunità biotiche (Ludovisi *et al.* 2010).

Presumibilmente, lo spostamento verso un carattere clorurato alcalino marcato non si spiega solo con la concentrazione delle acque, ma chiama in causa i processi di precipitazione dei carbonati, dovuti a variazioni delle condizioni di equilibrio pH-Eh indotte dai processi fotosintetici di alghe e vegetazione sommersa, le variazioni degli equilibri acqua-sedimento connessi al consumo di ossigeno ed alla tendenza all` anossia del fondale, la risospensione dei sedimenti per particolari condizioni meteorologiche, la precipitazione o risolubilizzazione del ferro e di altri metalli, l'equilibrio del fosforo.

Nell'equilibrio ecologico un ruolo importante è rivestito dalle condizioni di trasparenza delle acque, elemento fondamentale per la penetrazione o meno dell` energia luminosa verso il fondale.

Il quadro storico ricostruito (Ludovisi *et al.*, 2010) indica che a partire dagli anni '80, ci sia stato un significativo incremento della torbidità delle acque, passata da valori medi di trasparenza di 1-2 metri a condizioni recenti estive di poche decine di centimetri.

In passato il fenomeno torbidità, parametro utilizzato nella valutazione delle acque di balneazione, per il quale il Trasimeno ha dovuto regolarmente chiedere deroghe, è stato giustificato come dovuto quasi esclusivamente alla ridotta profondità del lago ed alla risospensione dei sedimenti a causa di vento e moto ondoso.

Ciò è sicuramente sostenibile per la zona costiera del lago, molto di meno per la parte di lago aperto più profondo.

Le indagini condotte in associazione con gli studi sul telerilevamento da satellite, nella parte quarta di questo volume, miranti a caratterizzare le componenti organica e inorganica del particolato sospeso, evidenziano una correlazione del sedimento organico con la clorofilla e valori equivalenti dello stesso con quello inorganico.

Come mostrato nelle figure 6 e 7 la biomassa algale ha un ruolo significativo nella produzione di particolato e nella riduzione della trasparenza delle acque del periodo primaverile-estivo.

Inoltre, considerando che la biomassa algale è costituita in elevata quantità da acqua e solo in minima parte da altri elementi individuati come residuo solido dalle analisi, è facile intuire che il biovolume organico può assumere dimensioni ancor più consistenti della frazione inorganica.

Questo biovolume algale nei periodi estivi, quando diventa abbondante, può contribuire al mantenimento in sospensione anche del particolato inorganico.

Si è infatti osservato che anche in periodi non perturbati da venti e temporali i valori e rapporti tra le due fonti di particolato si mantengono costanti (Bresciani *et al.*, quarta parte).

Un ultimo elemento degno di nota è rappresentato dall` andamento nel tempo del fosforo totale e dell'ortofosfato nelle acque del lago, in particolare al centro del lago, situazione maggiormente rappresentativa dell` intera massa d'acqua.

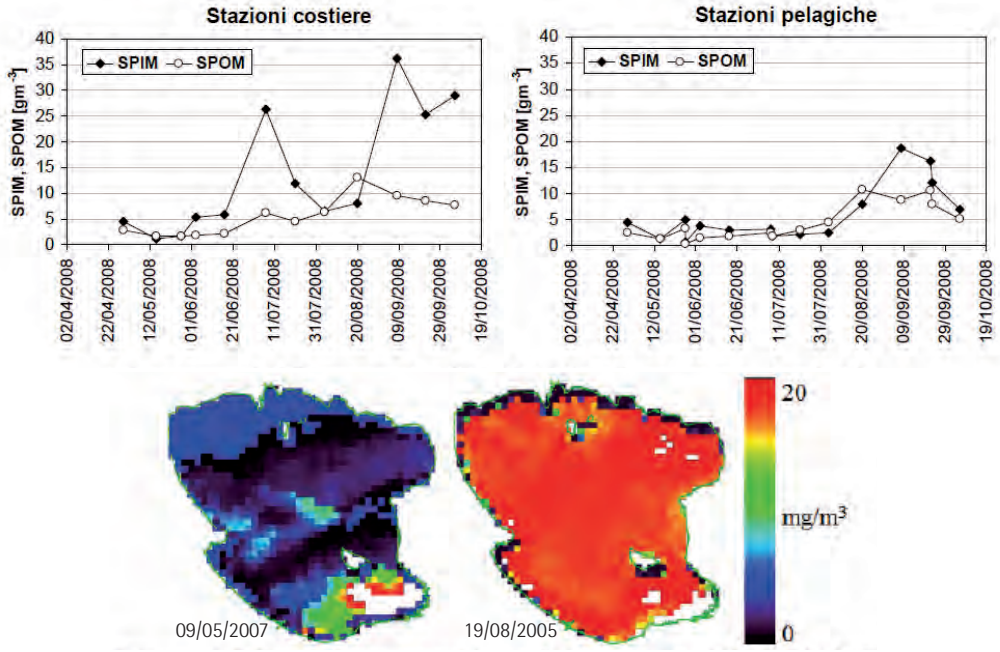


Fig. 6:

Relazioni tra particolato organico (SPOM) e inorganico(SPIM) e mappe di clorofilla dai valori osservati nel Trasimeno

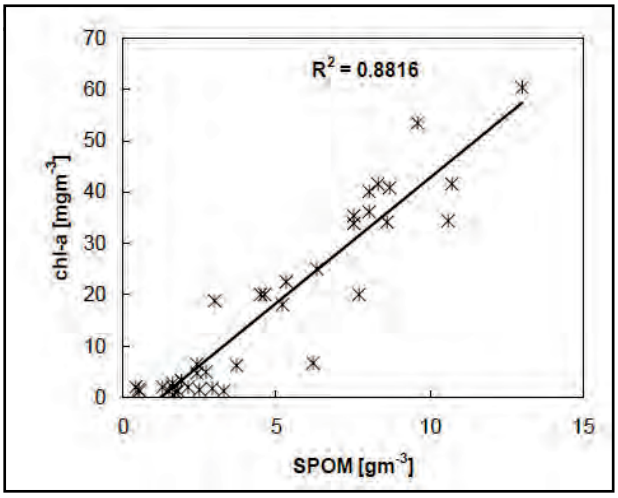


Fig. 7:

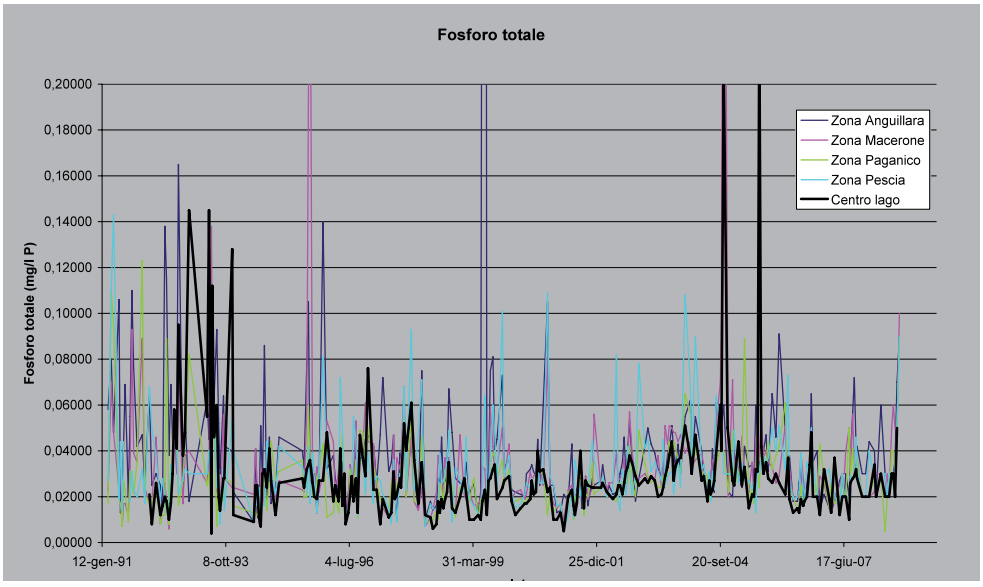
Relazione tra i valori di clorofilla e particolato organico osservati nel Trasimeno

Il fosforo, infatti, è sempre stato considerato il come fattore limitante per la crescita algale nel Trasimeno.

I dati degli ultimi 20 anni (fig. 8), oltre a segnalare periodici picchi con valori dell` ordine del centinaio di microgrammi/litro, per i quali è molto probabile una causa scatenante (risospensione, trasporto dovuto ad eventi di piena per i punti sottocosta, mobilizzazione del

sedimento per dragaggio), mostrano un andamento delle concentrazioni di fondo che non sembra migliorare nel tempo, nonostante sia generalmente data per migliorata la gestione dei carichi di provenienza esterna (acque reflue e di dilavamento), a riprova di una significativa interferenza del carico interno.

Vale la pena evidenziare gli incrementi di ortofosfato registrati tra fine 2003 ed inizio 2006, ossia subito dopo la siccità degli anni precedenti.



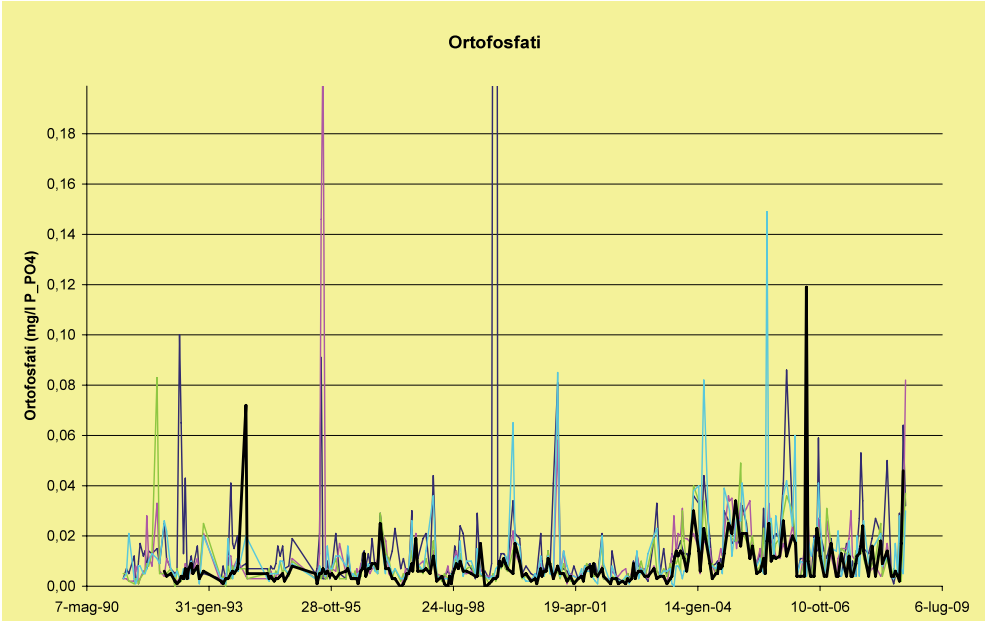


Fig. 8:
Andamento di fosforo totale e ortofosfato negli ultimi 20 anni

17.2.3 Stato ambientale e balneazione

La mancanza di un giudizio ambientale affidabile, da molti anni, ed in particolare "del giudizio" previsto dalla Direttiva 2000/60CE è un elemento che non giova certo alle iniziative per la tutela e salvaguardia del lago.

Le attività di monitoraggio sono iniziate nel 2008, con l'attivazione della nuova rete regionale che è cresciuta in parallelo con lo sviluppo dei decreti attuativi del D.Lgs. 152/06 (DM131/08, DM56/09, DM260/10), e sono state ratificate con l'inserimento in Allegato al Piano regionale di tutela delle acque (DCR 357/09).

Le indagini biologiche sono descritte nella parte seconda di questo volume.

Lo stato ambientale deriva dal giudizio peggiore tra lo stato ecologico e quello chimico (Arpa Umbria, 2011), il primo dei quali, a sua volta, combinazione della valutazione chimico-fisica (LTL) e degli indicatori biologici.

Nonostante la presenza di fitofarmaci sui corsi d'acqua, il buono stato chimico non è a rischio, in quanto i volumi contaminanti sono poca cosa rispetto al volume delle acque del lago e non danno luogo a concentrazioni apprezzabili.

I dati a disposizione sono sufficienti per esprimere una valutazione sulle macrofite ed il fitoplancton lacustre (3 anni d'osservazione in quest'ultimo caso), ma mancano ancora elementi di messa a punto dei metodi a scala nazionale, nonostante il DM 260/10 abbia pubblicato le condizioni di riferimento per le varie tipologie di laghi.

Valutazioni preliminari sono possibili, ma rischiano di dare giudizi poco affidabili.

La speranza è che non si debba aspettare ancora troppo tempo per arrivare ad effettuare le valutazioni in modo affidabile e scientificamente consolidato (Martinelli, 2011, Marchetto in questo volume, negli atti del convegno).

Per lo stato chimico fisico la valutazione normativa è limitata a tre parametri: trasparenza, ossigeno e fosforo.

In un lago laminare come il Trasimeno si possono derogare i valori di trasparenza, l'ossigeno disciolto ipolimnico a fine periodo di stratificazione non rappresenta una criticità in quanto il lago non stratifica, il giudizio resta pertanto vincolato ai valori di fosforo totale riferito alla piena circolazione, ossia formalmente a campioni di fine inverno.

Per conseguire un giudizio buono, che non infici quantomeno quello delle componenti biotiche, i valori da ottenere devono essere inferiori a 20 µg/l, cosa non verificatasi negli anni 2009-10, con un fosforo totale medio pari a circa 60, e difficilmente ipotizzabile con le attuali condizioni del lago (torbido a cianobatteri, con fondale privo di macrofite).

Sul piano della valutazione delle acque di balneazione, la situazione negli ultimi anni, con le nuove norme introdotte dal D.Lgs.116/08, evidenzia un buona qualità microbiologica delle zone balneari, tenute sotto controllo anche con un monitoraggio integrativo sulle situazioni a rischio di inquinamento di breve durata (eventi meteorici intensi, stato rete fognaria), programmato e realizzato già dal 2010, senza che si siano rilevati casi negativi (www.arpa.umbria.it/canale.asp?id=560).

17.2.4 La teoria degli stati alternativi e il Trasimeno

Le problematiche del lago imputabili all'antropizzazione del suo territorio non sembrano enormi alla luce delle pressioni presenti, ma possono divenire elemento condizionante per le azioni da metter in campo "all'interno del lago" per recuperare un suo equilibrio ambientale.

I nutrienti ed il carico organico delle reti fognarie, gli effluenti zootecnici e le pratiche agricole, il trasporto solido dagli affluenti, sono da affrontare in modo consapevole, nella logica della pianificazione esistente (misure del Piano di tutela, per prime), mirando a minimizzarne gli impatti, anche con le misure di contenimento alla veicolazione di tali inquinanti (es. stadio terziario di depurazione, riuso acque reflue, compostaggio effluenti zootecnici, fasce tampone e di protezione).

Occorre essere consapevoli che alle criticità esterne si sommano quelle interne, naturali o meno che siano, conseguenza spesso delle modificazioni apportate dall'uomo al sistema (regolazione forzata dei livelli, invasioni di organismi non autoctoni, modifica delle zone spondali, mobilizzazione dei sedimenti per dragaggio).

Il concetto fondamentale, che dovrà essere valutato sia per le scelte di risanamento, sia divenire condizionante nei criteri di valutazione ecologica-ambientale, è quello che un lago laminare rappresenta una condizione particolare, molto distante da quella di laghi "profondi", peraltro molto più fragile e suscettibile di criticità.

Al tempo stesso però, essendo molto vicino alle caratteristiche di stagni e paludi o di zone umide "in senso lato", è anche un serbatoio eccezionale di biodiversità e di risorse per la comunità che ci vive.

E' un ambiente che può degradarsi facilmente, mentre difficilmente riesce a recuperare, con un necessario equilibrio delle componenti biotiche che deve essere messo al centro di tutti gli altri aspetti.

Da anni gli studiosi hanno sviluppato valutazioni e teorie su tali equilibri.

Quelle più accreditate e che trovano maggiori conferme, si rifanno alla teoria dei laghi laminari, che considera la dominanza delle macrofite rispetto alle popolazioni fitoplanctoniche la condizione di massima qualità ecologica e ritiene perciò essenziale la conservazione di una comunità macrofitica diffusa e ben diversificata (Moss, 1988; Scheffer *et al.*, 1993; Scheffer, 1998; Scheffer e Van Nes, 2007), che presuppone un contenuto livello trofico delle acque (sua condizione naturale, che non può essere oligotrofica, per le specificità idriche, morfologiche e climatiche).

La presenza della vegetazione acquatica (elofite spondali emergenti, idrofite sommerse radicate o galleggianti, macroalghe) è fondamentale per la competizione, diretta ed indiretta, esercitata nei confronti del fitoplancton nell'utilizzo dei nutrienti e della luce.

Inoltre, essa condiziona l'ecologia generale di un lago in molti altri modi: stabilizzando e ossigenando i sedimenti di fondo prevenendone la risospensione, limitando il carico interno dei nutrienti e la torbidità (Bartoli; capitolo 16), fornendo rifugio giornaliero allo zooplancton che si nutre di microalghe e favorendo così un incremento della trasparenza dell'acqua.

Senza macrofite, le microalghe divengono dominanti.

La teoria citata, ha proposto nel tempo due "modelli ecologici" di riferimento (fig. 9):

- un primo, detto degli stati alternativi stabili (Scheffer *et al.*, 1993), ritiene che esistano due stati stabili alternativi, quello di acque limpide (buon stato ecologico) e quello di acque torbide (cattivo stato);
- un secondo, evoluzione del primo, "di vari regimi alternativi" condizionati da clima, stagionalità, nutrienti, profondità e dimensioni del lago (Scheffer e Van Nes, 2007), ritiene che lo stato di acque limpide possa avere dinamiche di non equilibrio o effetti ciclici di passaggio da uno stato all'altro.

L'osservazione di ambienti lacustri laminari ha consentito, finora, di verificare una variabilità di comportamenti da cui emerge che non esiste un singolo livello critico di passaggio allo stato limpido e viceversa, e che il cambio delle comunità biotiche lungo un gradiente di eutrofizzazione può avvenire con salti più o meno drastici verso stati di comunità contrastanti. Il modello degli stati alternativi stabili è sicuramente valido su un piano più teorico, molti elementi sono chiari rispetto al ruolo che hanno sugli equilibri naturali, non mettendo in dubbio comunque la complessità degli ecosistemi lacustri laminari.

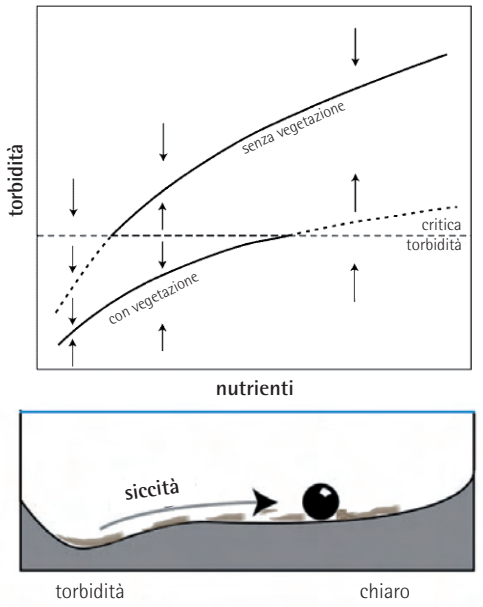


Fig. 9:
Stati alternativi stabili e stati "metastabili" (Da Scheffer *et al.*, 1993 e Scheffer e Van Nes, 2007)

Lo stato di acque limpide si caratterizza, oltre che per le macrofite, per la presenza di una comunità ittica diversificata e produttiva, per un ricco zooplancton.

Lo stato di acque torbide è privo d'idrofite, produce dense popolazioni fitoplanctoniche ed una comunità ittica, spesso squilibrata, spostata verso specie detritivore. L'alterazione delle comunità ittiche è spesso dovuta anche a logiche gestionali e di difusione di specie alloctone.

Sia lo stato torbido che quello limpido, sono stabilizzati o favoriti da un certo numero di ruoli ecologici delle componenti biotiche.

Nello stato torbido la comunità ittica, in genere poco diversificata, favorisce la crescita del fitoplancton rimettendo in circolo i nutrienti e limitando lo sviluppo dello zooplancton, a sua volta predato dalle varie specie ittiche allo stato giovanile e/o adulto (Lorenzoni e Ghetti, capitolo 15). La risospensione dei sedimenti, e il fitoplancton stesso limitano la penetrazione della luce e rendono difficile il reinsediamento delle idrofite.

Nello stato limpido, quando le idrofite sommerse sono abbondanti, possono divenire elemento fulcro del contenimento della torbidità e dei nutrienti, per vari meccanismi, sottraendo spazio al fitoplancton e prevenendo la risospensione del sedimento.

Ovviamente, per riequilibrare un lago quale il Trasimeno, sarebbe auspicabile che si trovasse una forte corrispondenza al modello degli stati ecologici stabili, che garantirebbe il mantenimento "automatico"dell'equilibrio recuperato, una volta raggiunto.

Ma la realtà è raramente semplice, ed è possibile che debba essere necessario un periodico sforzo (intervento antropico o crisi parossistica meteo-climatica) per risospingere il lago verso lo stato di acque limpide.

Che sia presente uno stato metastabile o meno, che si debba superare una soglia ostacolo o un punto di non ritorno naturale, lo si potrà dire solo realizzando azioni che partano da questi presupposti.

Questa necessità di proporre scelte e interventi logici che favoriscano il recupero ecologico dei laghi laminari, senza che diventino invasivi e persistenti al pari delle alterazioni idromorfologiche o delle opere artificiali, va sotto il nome di biomanipolazione (traduzione del *biomanipulation* inglese, ossia intervento sulle componenti biotiche).

17.2.5 Riferimenti ed esperienze sulla biomanipolazione

Il risanamento degli ambienti lacustri parte necessariamente dall'abbattimento dei carichi esterni, citati all'inizio di questo capitolo, ma ciò non è sufficiente quando la presenza di carichi interni, immagazzinati nei sedimenti e nella biomassa, possono essere continuamente rilasciati.

Esistono possibilità di interventi a vari livelli che possono agire sulla rimozione dei nutrienti dalla colonna d'acqua o la riduzione del carico interno, così come interventi diretti di rimozione, dai costi e dalle complicazioni ecologiche non sempre valutabili e sostenibili.

L'Autorità di Bacino del fiume Po ha prodotto valutazioni ed indirizzi per intervenire sui laghi del proprio territorio.

Tra le misure descritte (Autorità di Bacino del fiume Po, 2001), indicando modalità, campi di applicazione e applicabilità, oltre a tecniche d'intervento generali, quali tecniche di asportazione delle biomasse, circolazione/aerazione ipolimnica, diluizione, *washout*, inattivazione dei sedimenti, precipitazione chimica del fosforo, prelievo ipolimnico, rimozione dei sedimenti, abbassamento del livello delle acque, è inserita nel confronto la biomanipolazione delle catene alimentari.

Le tecniche di biomanipolazione ben si possono adattare ai laghi laminari (Hansson *et al.*, 1999; Hosper *et al.*, 2005) ed in generale ad ambienti umidi poco profondi, con risultati apprezzabili e costi non esorbitanti (Donabaum *et al.*, 1999). Come indicato da Lorenzoni e Ghetti nel capitolo 15, l'obiettivo è influire sulla catena alimentare ed in particolare sulla crescita del fitoplancton, influenzato dalla disponibilità di nutrienti, dalla luce e dalla temperatura.

Esperienze italiane a scala di ricerca hanno dato buoni risultati (lago di Candia) e sporadicamente sono state intraprese iniziative del genere in vari contesti.

Sul lago di Candia, per profondità simile al Trasimeno, ma di piccole dimensioni ed in stato eutrofico, si è intervenuti rimovendo specie ittiche troppo sviluppate ed introducendo predatori per il loro controllo, rimuovendo macrofite galleggiati e favorendo la ricolonizzazione di specie radicate.

Tra l'altro, Giussani *et al.* (2001) evidenziano l'obiettivo del ripristino della importante funzione ecologica della zona di palude, area preferenziale di riproduzione per il luccio ed il persico trota, necessari al contenimento naturale della fauna ittica detritivora.

In altre realtà del Centro Italia, pianificazione e sperimentazione sono andate di pari passo, come nel caso del lago di Massaciuccoli, dove si è pianificata l'applicazione della biomanipolazione con la tecnica delle *"enclosure"* (Autorità di bacino del F. Serchio, 2009), e studi mirati a rimuovere lo stato ad acque torbide, hanno evidenziato un'insufficiente radiazione luminosa al fondo per consentire una ricrescita spontanea della vegetazione sommersa, dimostrando altresì che la rimozione di pesci e la lotta al fitoplancton con *Daphnia magna L.* hanno un effetto positivo sulla chiarificazione delle acque (Ciurli e Alpi, 2010).

Questi pochi elementi suggeriscono, come sostiene anche Bartoli nel capitolo precedente, che sono possibili azioni d'intervento per "agevolare" il recupero ambientale del lago Trasimeno, scegliendo le adeguate soluzioni che posso-

no essere messe in campo solo dopo una solida valutazione ecosistemica, frutto di idonee valutazioni scientifiche, individuando modalità e tecniche spesso a basso costo (quali quelle sulla fauna ittica).

Le prospettive di recupero ambientale del lago sono buone e potrebbero essere alla base di una ripresa socio-economica del territorio connesso, che beneficerebbe di un bel lago trasparente a macrofite, bordato da ambienti umidi ben conservati, su cui si incastonano, come perle, i centri storici esistenti.

17.3. Chiavi di lettura per ripensare le pianificazioni o rimodulare gli interventi, proposte per un piano di gestione (WFD-Habitat compliant)

Gli elementi recuperati nei capitoli precedenti e le considerazioni sopra esposte, pur non pretendendo di essere condivise da tutti o esaustive, ci portano a formulare alcuni elementi propositivi centrali rispetto al risanamento ambientale del lago.

Alcuni sono di carattere generale, riferibili agli atteggiamenti da adottare rispetto alle scelte ed iniziative promosse, altri riguardano specifiche azioni o non azioni consigliate, altri ancora suggeriscono nuove proposte da delineare e sviluppare.

Proviamo a proporli in forma sintetica, come argomenti per future discussioni, indicando gli aspetti e le finalità essenziali che li contraddistinguono.

17.3.1 Aspetti di carattere generale da considerare

Non sono novità, ma troppo spesso sono utilizzate come frasi retoriche piuttosto che divenire reale, oggetto di applicazione. Si tratta della concertazione e della Valutazione Ambientale Strategica e delle altre forme di valutazione preliminari all'adozione di misure e progetti.

Talora se ne tracciano i contorni per sommi capi nelle premesse, passando poi a scelte che poco o niente hanno a che vedere con i principi enunciati, tornando a decisioni unilaterali e settoriali al momento dell'impegno delle risorse economiche, di cui non si valutano gli effetti controproducenti, se non l'efficacia.

Considerati i tempi, e le sempre minori disponibilità di finanziamenti, per la tutela ambientale in particolare, sarebbe opportuno che i decisori abbandonassero definitivamente le logiche che non guardino alla sostenibilità del territorio lacustre ed alla sua qualità nel medio-lungo termine.

Sono già presenti in atti pianificatori o in decisioni, ma riteniamo valga la pena puntualizzare, ancora una volta, gli elementi qui sotto riportati, vista la rilevanza che investono anche in termini di opinione pubblica:

A. Efficace abbattimento dei carichi inquinanti esterni al lago

Allevamenti zootecnici

Puntare alla valorizzazione del compost nel comparto agricolo, garantendo al tempo stesso il contenimento degli inquinanti al lago.

Sviluppare produzioni non intensive, di qualità, a valenza turistico-culinaria e di filiera corta.

Agricoltura

Sviluppare filiere compatibili con il territorio, limitando colture ad alto impatto chimico, in particolare nelle zone costiere.

Adottare tecniche di contenimento del trasporto di nutrienti (fasce filtro, inerbimenti, ecc.. e di prodotti fitosanitari (zone di sicurezza, sistemi antideriva).

Depurazione civile e industriale

Realizzare adeguamenti e completamenti fognari e depurativi che puntino a minimizzare i rilasci nel lago (sfiori e reflui depurati, riuso), in particolare dei nutrienti biodisponibili, in ottemperanza, come minimo, ai vincoli per le aree sensibili.

17.3.2 Azioni da incentivare

Si indicano una serie di obiettivi ed azioni collegate, da mettere in atto prioritariamente in modo diretto o associate, come azioni a sostegno, ad iniziative di altra natura.

B. Limitazione e stabilizzazione dei sedimenti lacustri

Interventi sul reticolo drenante per la riduzione del trasporto solido

L'ampliamento del bacino, i canali drenanti impermeabilizzati, la sistematica rimozione della vegetazione dai fossi, ha favorito, assieme al deflusso idrico, il trasporto solido, con accumulo di sedimenti sul fondale ed effetti sulla trasparenza delle acque.

Si può intervenire sul problema, garantendo la sicurezza idraulica, in vari modi: ampliando e rinaturalizzando le forme minori, ove possibile, dotando gli alvei di fasce vegetate e zone di espansione, inserendo bacini di decantazione adeguati lungo i canali, rinaturalizzandoli ove idraulicamente fattibile (vedasi art. 115, D.Lgs.152/06).

Interventi sul fondale, quali servizi ecosistemici per la riduzione delle emissioni climalteranti

Recentemente è stato dimostrato che le acque interne hanno una grossa incidenza in fatto di emissioni (Bastviken, 2011) e che i laghi emettono significative quantità di metano da decomposizione anaerobica, teoricamente per il Trasimeno una media di 60 mg/m^2/giorno (EMEP/EEA, 2009), pari a 2.600 tonnellate/anno.

Azioni per la ricolonizzazione del fondale da parte di macrofite ed alghe radicate, che ossigenando il sedimento, tenderebbero ad azzerare tale emissione.

Recupero qualitativo dei sedimenti di fondo

Un miglioramento della qualità dei sedimenti del fondale, tramite ricolonizzazione da parte della vegetazione, eventualmente assistita, favorita da minore mobilizzazione di particolato sospeso (interno ed esterno), attraverso un minor tasso di sedimentazione (e una minor richiesta di ossigeno), porterebbe ad attenuare le condizioni anossiche, che hanno favorito, tra l'altro, negli ultimi decenni, lo sviluppo abnorme dei chironomidi.

La ricolonizzazione del fondale limiterebbe la risospensione del sedimento colloidale non consolidato.

Tecniche di reimpianto sono già note e sperimentate in altre realtà, si tratta di valutarne l'applicabilità al Trasimeno.

C. Gestione ecologico-ambientale della fascia perilacuale

Riqualificare la fascia costiera dei nuclei urbani esistenti

Intervenire sul miglioramento urbanistico delle zone urbane costiere mitigando e rendendo quanto più possibile graduale il passaggio al lago, evitando superfici impermeabilizzate estese, scogliere diffuse ed artificializzazioni, inserendo, ove possibile, aree verdi e specie arboree autoctone.

Limitare la movimentazione dei sedimenti di spiaggia nella parte sommersa, in particolare nella stagione primaverile (di ricolonizzazione da parte delle idrofite, di riproduzione delle faune).

Ripristinare le zone umide

La domanda di terre nella prima metà del secolo scorso ha portato all'utilizzo agricolo ed all'appropriazione da parte dei privati della fascia perilacuale a ridosso del lago.

Ciò ha comportato un grosso squilibrio ambientale, cancellando importati zone transizionali, a diversa vocazione ecologica.

Ricostituire una continuità sia longitudinale (al di fuori dei centri urbani) che trasversale di questi ambienti è fon-

damentale per la buona salute del lago, oltre che per la tutela degli habitat stessi e delle specie ivi presenti.

17.3.3 Azioni da disincentivare

Si indicano una serie di iniziative che spesso sono state giudicate come utili per il lago, individuate come necessarie e realizzate in differenti ambiti del territorio lacustre, che ne stravolgono altresì le funzionalità ecologiche, se non limitate a casi mirati e con tecnologie adeguate.

E' il caso del dragaggio, che può avere una sua logica in un bacino portuale, se eseguito con le migliori tecniche disponibili, che non disperdono torbidità e sedimenti nell'ambiente circostante.

D. Esecuzione di colmate nelle zone umide perilacuali

Utilizzo di sedimenti di dragaggio e terre di scavo per colmate

Colmare le zone umide depresse, ancora esistenti, impedisce il recupero di quella fascia filtro necessaria all'equilibrio del lago ed al mantenimento della biodiversità, valore aggiunto delle zone umide

E. Esecuzione di dragaggio nelle aree aperte del lago

Dragaggio a refluimento in acqua

L'attuale normativa favorisce il rimaneggiamento dei sedimenti in acqua, senza che questi vengano estratti, non sottoponendoli a vincoli autorizzativi.

Non c'è niente di più deleterio di questo, per un ambiente quale il Trasimeno: si risospende il sedimento con tutti i nutrienti accumulati e resi nuovamente disponibili, i sedimenti coprono ed uccidono macrofite ed uova deposte, le acque torbide favoriscono lo sviluppo del fitoplacton.

L'impatto è forte su zone molto estese rispetto alle superfici dragate, a causa di venti e correnti che ne possono riattivare l'effetto a lungo. A titolo di esempio si riporta un'immagine satellitare del 2005, che può far riflettere.

Fig. 10:
Pennacchi torbidi da dragaggio nella zona dell'isola Polvese (immagine MERIS, maggio 2005)

Dragaggio delle linee di navigazione

I bassi livelli idrici hanno spesso fatto scattare l'allarme per la navigazione, con conseguenti azioni di dragaggio, eseguite estraendo il sedimento con draghe non pneumatiche, dal costo elevato e dall'efficacia limitata nel tempo, senza citare il danno ambientale, minore di quanto sopra, ma pur sempre presente.

Molte altre realtà hanno adottato, già da tempo, soluzioni alternative, ad impatto positivo, quali battelli a fondo piatto con motore elettrico e/o solare.

Fig. 11:
battello elettrico-solare a fondo piatto.

F. Macrofite

Taglio sistematico delle macrofite

Tagliare in modo sistematico per zone le macrofite, rimovendole, contribuisce a ridurre i carichi interni al lago, ma può comprometterne il loro ruolo ecologico e causarne la morte nel momento in cui la torbidità non consente una sufficiente illuminazione per la fotosintesi alla parte rimasta.

Tagli localizzati e mirati nel tempo possono garantire, comunque, l'utilizzabilità del lago.

G. Canneto

Taglio del canneto in acqua

Tagliare la canna in acqua, senza considerare il livello idrometrico massimo che il lago raggiungerà prima della stagione primaverile, è causa di morte del rizoma e della pianta stessa.

I culmi (la canna secca) sono, infatti, la via di trasporto dell'ossigeno all'apparato radicale.

La moria del canneto in acqua, tra pesci fitofagi, nutrie, pericoli chimici potenziali, dovrebbe non essere più imputabile anche al taglio.

Taglio che può avere la sua ragion d'essere delimitato e mirato funzionalmente, associato alla rimozione della lettiera di accumulo (capitolo 6).

17.3.4 Nuove proposte

Si segnalano gli aspetti innovativi, per contenuto o per forma di approccio, che possono dare le maggiori risposte in termini di recupero qualitativo dell'ambiente lacustre, sui quali lavorare prioritariamente.

Tali opzioni hanno anche il vantaggio di essere sviluppabili con gradualità, avere costi contenuti, essere sperimentabili a piccola scala, e replicabili successivamente dove e come necessario.

H. Gestione programmata di flora e fauna

Gestione del canneto e delle macrofite

Sviluppare un programma di attuazione di misure compatibili con tutte le componenti ambientali, atto a favorire gli ambienti di riproduzione delle specie migratorie, della fauna ittica, la conservazione della biodiversità, la stabilizzazione dei sedimenti di fondo, l'uso ecosostenibile da parte dell'uomo.

Adottare azioni localizzate e mirate, anche di taglio selettivo e/o di piantumazione, condivise e realizzate al momento opportuno, inclusa la preservazione integrale, ove necessaria.

Gestione della fauna ittica

Sviluppare un programma di biomanipolazione e gestione degli stock ittici per l'intero lago, come indicato al capitolo 15, promovendo un processo di riequilibrio delle specie in funzione dell'obiettivo ecologico di lago ad acque limpide

Contenimento delle specie aliene

Sviluppare adeguati programmi di contenimento e rimozione delle specie aliene più dannose per l'ecosistema lago quali il carassio, il gambero della Louisiana, la nutria, la dreissena, anche con strumenti di pesca.

I. Interventi di biomanipolazione su aree a specifica funzionalità

Sperimentazione di *enclusures* di fronte a zone balenabili

Testare la tecnica di biomanipolazione, perimetrando una porzione di lago prospiciente la spiaggia e realizzando gli interventi necessari a favorire la stabilizzazione ed ossigenazione del sedimento di fondo e la trasparenza delle acque.

Puntare ad un nuovo modo di fruire il lago, che non sia una copia sbiadita del mare, ad esempio mantenere la vegetazione spondale come elemento ecologico fondamentale, limitando l'area

di "spiaggia" al minimo indispensabile, prevedendo eventuali forme diversificate di accesso in acqua (pedalò, pontili mobili galleggianti, mini isole galleggianti).

Sperimentazione di enclosures in aree ad alto valore ecologico o in punti strategici

Individuare situazioni che possano essere ripristinate ecologicamente con tecniche di biomanipolazione e servire da punto di propagazione dei nuovi equilibri ricostituiti.

17.4. Conclusioni e auspici

Gli elementi raccolti ed i dati disponibili, confermano le buone intenzioni di tutti nel lavorare per il risanamento ambientale del lago.

Lo sforzo da fare non è tanto economico quanto culturale, con un cambiamento che deve avvenire a vari livelli, a partire dalle tendenze settorialiste ed utilitaristiche di politici, amministratori, categorie produttive.

Intervenire per portare il lago ad un buono stato ecologico ed ambientale, reale e percepito, e non sulla carta, vuol dire mettere al servizio delle valutazioni e del confronto pubblico gli strumenti di cui si dispone.

Scegliere soluzioni sostenibili in termini di navigazione, può dare maggiore visibilità ed attrattività anche turistica al lago (ad esempio i battelli solari) piuttosto che continuare a smuovere sedimenti come moderni Sisifo, producendo danni non considerati o direttamente valutabili.

Indirizzare l'agricoltura verso una filiera locale eco-compatibile, va oltre la tutela del solo lago, essendo questa l'unica prospettiva che l'agricoltura italiana può perseguire, se vuol continuare ad esistere.

Adottare tecniche di microirrigazione, per il risparmio idrico ed il contenimento degli inquinanti d'origine agricola è d'obbligo, altrimenti non si compensa l'aggravio degli impatti ambientali con l'estensione delle superfici irrigue previste in associazione alle nuove condotte idriche dall'invaso di Montedoglio.

Allo stesso modo, una valorizzazione di fertilizzanti organici d'origine zootecnica (letami e compost) andrebbe verso la riduzione di concimi chimici.

Il lago non ha solo bisogno d'acqua per sopravvivere, come sembra sia stato percepito in questi ultimi decenni con le centinaia di milioni di euro spesi in tale direzione, anzi, a volte, per recuperare un suo equilibrio ecologico, può aver bisogno di crisi idriche.

La stessa agricoltura, presa a pretesto per la costruzione di condotte irrigue, non ha una grande sete d'acqua, anche per l'impossibilità di pagarsela a prezzi di mercato, stante gli scarsi margini di utile che le colture industriali hanno e avranno, ancor di più, in assenza di contributi comunitari.

Il lago non ha bisogno, questo si, di interventi sprovveduti, quali l'immissione diretta di acque di provenienza esterna, dalla dorsale irrigua di Montedoglio o altre ipotesi di cui circolano già le voci, senza un'opportuna valutazione ecologica, atta a verificare gli effetti locali termici, biogeochimici ed il potenziale impatto di microrganismi alieni che possono diffondersi nel lago. La stessa pesca professionale deve essere gestita responsabilmente rispetto agli obiettivi di ottimizzazione della produzione ittica e sostenibilità ambientale.

Sta a noi cercare di stabilire nuove relazioni con l'ambiente lacustre, intervenire talora è obbligatorio, quale spinta della società umana a fare proprio il territorio, ma l'esperienza insegna che minori sono le modifiche apportate, minori sono i danni ed i rischi futuri.

Quale migliore soluzione, allora, di quella della partecipazione di tutti al confronto ed alle decisioni, di ricerca di strategie integrate d'intervento, ciascuno con il proprio ruolo, con la conoscenza e l'esperienza che necessariamente devono essere messe al centro del dibattito.

Ed è proprio la conoscenza, il valorizzare le capacità e forze presenti in loco o sul territorio nazionale, a livello universitario e degli enti di ricerca, unitamente con lo spirito di ricostruire il patrimonio conoscitivo pregresso, di condividere e divulgare i propri dati, il valore aggiunto su cui instaurare nuove relazioni tra le diverse anime della società umbra e rivierasca.

Un piano di gestione del bacino lacustre, opportunamente condiviso, non avrà difficoltà ad integrarsi con la gestione del parco, allargato come competenza allo stesso areale, con la tutela delle zone protette, con la gestione idraulica del reticolo idrografico, con le scelte di sostegno all'economia dei suoi territori.

Bibliografia

Arpa Umbria (2011) - *Prima valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici lacustri ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).* Rapporto tecnico Arpa.

Autorità di bacino del F. Serchio (2009) – *Piano di gestione del Distretto idrografico del fiume Serchio. 12, Rapporto ambientale: rapporto del Piano di gestione con altri pertinenti piani o programmi*. www.abserchio.it

Autorità di bacino del fiume Po (2001) – *Valutazione dello stato trofico e tecniche di risanamento dei laghi resilienti*. I quaderni, n. 3. Autorità di bacino del fiume Po.

Bastviken D., Tranvik L.J., Downing J. A., Crill P.M., Enrich-Prast A. (2011) - *Freshwater Methane Emissions Offset the Continental Carbon Sink.* 7 January 2011, Vol. 331, Science. www.sciencemag.org

Boggia A. e Pennacchi F. (1999) - *Sviluppo agricolo sostenibile del bacino del Lago Trasimeno*. Università degli Studi di Perugia – CESAV, Parco Tecnologico Alimentare, ARUSIA. Regione dell'Umbria, Assessorato agricoltura e foreste.

Charavgis F., Cingolani L., Bodo G., Neri N. (2005) - *Monitoraggio qualitativo del reticolo superficiale del lago Trasimeno*. Monografia n.6, allegata alla Proposta di Piano regionale di tutela delle acque. Arpa Umbria. www.arpa.umbria.it

Cingolani L., Charavgis F., Neri N., Notargiacomo T. (2005) - *Monitoraggio Qualitativo dei Corsi d'Acqua Superficiali. Piano Stralcio per il Lago Trasimeno.* Rapporto Arpa Umbria, Regione Umbria.

Ciurli A., Alpi A. (2010) – *Growth of Myriophyllum verticillatum under biomanipulation conditions: a field and an ex situ experiments, the cas- study of Massaciuccoli Lake (Central Italy).* Atti XIX Congresso S.It.E, Bolzano 15-18 settembre 2009. Macrofite e Ambiente, EURAC Book 58.

De Bartolomeo A., Poletti L., Sanchini G., Sebastiani B., Morozzi G. (2004) - *Relationship among parameters of lake polluted sediments evaluated by multivariate statistical analysis*. Chemosphere, 55.

Donabaum K., Schagerl M. &. Dokulil M. T. (1999) - *Integrated management to restore macrophyte domination*. Hydrobiologia 395/396: 87–97.

EMEP/EEA (2009) – *Air pollutant emission inventory guidebook –2009.* Technical report n.9/2009. Published by EEA, June 19, 2009.

European Commission - DG-ENV (2010) - *Links between Water Framework Directive (WFD 2000/60EC) and Nature Directives (Birds Directive 79/409EEC and Habitats Directive 92/43EEC). Frequently Asked Questions*. Draft Version 3.4 (1 June 2010). http://circa.europa.eu

Franconi U., Blasi F., Mossone M., Salciarini S. (1987) - *Prime indagini sulle caratteristiche del limi di fondo del Lago Trasimeno.* In Convegno: La tutela dell'ambiente lacuale. Il Lago Trasimeno. Perugia, 8-9 marzo 1985. Edito da Provincia di Perugia, Grafica Salvi, 93-101.

Giussani G., De Bernardi R., Galanti G. (2001) – *Sperimentazione di ecotecnologie per il recupero di ambienti lacustri eutrofizzati.* Rivista CNR, Ricerca e Futuro n. 20/giugno 2001. ISSN 1126-795X. www.area.fi.cnr.it/r&f/n20/pdf/r&f_20.pdf

Hansson L. A., Annadotter H., Bergman E., Hamrn S.F., Jeppesen E., Kairesalo T., Luokkanen E., Nilson P. and S◦ndergaard M (1999) – *Biomanipulation as an application of food chain theory.: constraints, synthesis and recommendations for temperate lakes*. Ecosystems, 1, 13-23.

Hosper S.H., Meijer M.L., Gulati R.D. and Van donk E. (2005) - *Biomanipulation in shallow lakes: concepts, case studies and perspectives.* In O'Sullivan P.E., Reynolds C.S. (Eds.), The lake handbook. Volume 2: lake restoration and rehabilitation. Blackwell Publishing.

Ludovisi A. & Gaino E. (2010) - *Meteorological and water quality changes in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) during the last fifty years*. J. Limnol. 69: 174-188.

Martinelli A. (2011) - *Le direttive ambientali acque in Italia: dall'analisi metodologica allo sviluppo dei piani di monitoraggio a scala regionale e di distretto*. Atti 32° Congresso UN.I.D.E.A, Perugia 12-13 maggio 2011. BEA, Numero Speciale 2011/4, 2012/1. www.unideaweb.it

Mennella V., Vizzari M. (2008) - *Rischio ambientale nel bacino del lago Trasimeno, Vulnerabilità del territorio e impatti legati alla gestione dei liquami suinicoli*. Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Perugia.

Moss B. (1998) - *Ecology of fresh waters.* Second edition. Man and Medium, Blackwell Scientific. Oxford.

Regione Umbria (1986) - *Piano Regionale per il Risanamento delle acque dall'inquinamento e per il corretto e razionale uso delle risorse idriche*. Supplemento ordinario BUR n.2/1986.

Regione Umbria (2009) *Piano regionale di tutela delle acque*. DCR n.357 del 1 dicembre 2009. Supplemento str. n. 1 al BUR n.5/2010.

Scheffer M. (1998) – *Ecology of shallow lakes.* Chapman and Hall, London.

Scheffer M., Hosper S.H., Meijer M.L., Moss B., Jeppesen E. (1993) – *Alternative equilibria in shallow lakes*. Trends in ecology and Evolution, 8, 275–279.

Scheffer M., Van Nes E.H. (2007) - *Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size.* Hydrobiologia, 584: 455–466.

Tanzilli G., De Bartolomeo A. (1989) - *Relazione sulle qualità delle acque di balneazione del lago Trasimeno nel triennio 1985-1987.* Quaderni Regione dell'Umbria – Serie Sanità n.15. Grafiche Bovini, Bosco (PG).

Tiberi O., Lollini M.N., Monarca S., Savino A., Scassellati Sforzolini G., Aisa E., Gattaponi P., Franconi U., Morini F., Mossone M., Losito G. (1973) - *Risultati di 3 anni e mezzo di indagini sullo stato di inquinamento del L. Trasimeno.* Atti del Convegno: Iniziative per la difesa dell'ambiente in Umbria. Perugia, 29 ottobre 1972. Regione Umbria (1973), 147-178.

Sesta parte

Sintesi e dati

18 Priorità e obiettivi ecologici per il recupero sostenibile del lago Trasimeno

Priorities and ecological objectives for a sustainable restoration of the Lake Trasimeno

Angiolo Martinelli

18.1 Stato e criticità

Il Trasimeno è un esteso lago laminare dell'Italia centrale praticamente endoreico, con un bacino naturale poco maggiore del doppio dell'estensione dello specchi d'acqua (284 contro 124 km^2) e profondità media rispetto alla soglia artificiale attuale di circa 4,5 metri.

Fin dall'antichità è stato soggetto alle oscillazioni climatiche, alternando inondazioni delle coste a periodiche critiche riduzioni della sua profondità, conseguenza dell'estrema variabilità del clima mediterraneo.

In epoca romana ci fu un primo tentativo di limitare le esondazione del lago con un emissario artificiale, senza risultati. Nello stesso periodo si formò una barra costiera sabbiosa, attualmente localizzata a oltre 1 km dalla riva nel settore sud-ovest del lago (indagini geofisiche da studi geologici regionali).

Una fascia umida più o meno ampia, a carattere transizionale, caratterizzata ora quasi solamente da un ridotto canneto, si estendeva attorno al lago su tutta l'ampiezza interessata dalle oscillazioni di livello del lago e di convergenza delle acque di ruscellamento.

18.1 Status and criticity

Lake Trasimeno is a large shallow lake in central Italy, and is practically endoreic. Its natural basin is little more than double the surface area of its water (284 km^2 and 124 km^2 respectively, and its mean depth with respect to the current artificial level is about 4.5m).

Due to the extreme variability of the Mediterranean climate, it has since ancient times always been affected by climatic variations, going from periods when it floods its banks, and periods when it becomes much shallower.

In Roman times there was a first attempt to limit flooding with an artificial outlet, but it was not successful. In the same period a coastal bar of sand formed, currently located at over 1 km from the bank in the south-west part of the lake (data from regional geophysical investigations).

A swampy transition band of varying width, nowadays simply a small reed bank, surrounded the lake covering the whole area affected by the variations in water level and the convergence of runoff waters.

Gli insediamenti urbani e le esigenze agricole della crescente popolazione rivierasca hanno man mano occupato questo territorio pianeggiante, integrando l'economia locale, fatta in origine essenzialmente di pesca e prodotti agro-forestali.

La regolazione del lago, cominciata nel Medioevo, è divenuta effettiva tra fine Ottocento e gli anni '50, con allargamento del bacino imbrifero di circa 100 km^2 e sistemi idraulici di regolazione di afflussi e deflussi.

La perdita di oscillazioni naturali ha prodotto crisi ambientali sempre più evidenti, rafforzate dalla crescita degli impatti dovuti all'aumento del trasporto solido e dei carichi inquinanti (nutrienti, carico organico, fitofarmaci, ...) prodotti dalla meccanizzazione agricola, l'intensivizzazione della zootecnia, l'aumento di superfici coltivate intensivamente, gli scarichi di acque reflue.

I bassi livelli del lago, periodicamente verificatisi nell'ultimo secolo, hanno innescato due effetti ambientali ed economici rilevanti:

- l'occupazione delle terre emerse perilacuali a fini agricoli, divenute proprietà privata per regolari accatastamenti, associate a opere di bonifica e colmata;
- la distruzione della fascia umida di transizione ad alto valore ecologico, limitata già dalla regolazione dei livelli idrometrici del lago (quote emissario abbassate più volte).

In questo contesto è venuta meno la naturale ciclicità ecologica del sistema laminare, fatta anche di crisi periodiche di "rinnovamento", che ha portato ad una graduale desertificazione del fondale, associata ad una elevata abbondanza di vegetazione eutrofica sulle sponde.

Urban settlements gradually occupied this flat territory, and the agricultural demands of the growing population around the lake integrated with the local economy, which originally consisted mainly of fishing and agro-forest products.

Control over the lake's dimensions started in the Middle Ages and became effective between the end of the 19th century and the fifties, when the catch basin was enlarged by about 100 km^2 and hydraulic systems were brought in to regulate inflow and outflow.

The loss of a natural oscillation in water level has brought about a more and more critical situation for the environment, exacerbated by a greater impact from increased solid transport and pollutants (nutrients, organic load, pesticides), due to agricultural mechanization, intensive livestock breeding, increased of intensive land surface given over to cultivation, and discharging of waste waters.

The periodical low levels of the lake occurring in the last century have had two important effects, economical and environmental:

- the use of the land emerging from around the lake for agriculture; the land becomes privately owned by legal sales associated with wetland filling;
- the destruction of the swampy transition belt of high ecological value, already limited by the regulation of the water levels (effluent amount has been diminished several times).

For these reasons the natural ecological cycle of the shallow lake system, including critical periods of 'renewal', has been disturbed, leading to a gradual desertification of the lake bottom, associated with an abundance of eutrophic vegetation on the banks.

Sedimenti molto ricchi di materia organica di origine esterna (effluenti zootecnici da suinicoltura intensiva, reflui civili e industriali a lungo non depurati) ed interna (biomasse vegetali, interventi di dragaggio con tecnologie tradizionali), anossici ad esclusione del sottile livello superficiale incoerente di nuova deposizione, hanno contribuito a portare il lago ad uno stadio ecologico "torbido" in cui le acque sono dominate da cianobatteri.

La biodiversità si è impoverita a vantaggio di specie invasive che hanno profittato delle nuove condizioni di scarsa trasparenza delle acque.

I chironomidi, in particolare, hanno colonizzato con le loro larve il fondale, in assenza di competitori naturali, costringendo le autorità locali a misure di contenimento per limitare la presenza degli organismi adulti, il cui fastidio condiziona la vocazione turistica dell'area.

La pesca professionale squilibrata e la fauna ittica esotica introdotta nel tempo, unitamente ad altre specie aliene ormai diffuse in molte realtà lacustri (gambero della Luisiana, *Dreissena polimorfa*, nutria) hanno contribuito ad alterare i precari equilibri ecologici tipici di laghi laminari, condizionando lo stato ecosistemico della zona spondale e impattando sulla comunità zooplanctonica, elemento chiave per l'equilibrio della zona pelagica e per il mantenimento di un lago in buono stato (lago trasparente eufotico).

La scarsa qualità delle specie pescate ed il loro ridotto valore di mercato (carassio dorato) hanno fatto recedere la pesca a componente marginale dell'economia locale, con un attuale ridotto numero di occupati, soprattutto anziani, che solo recentemente hanno cominciato ad integrare nella loro attività delle forme di pesca-turismo.

Sediments, rich in organic matter of both external origin (sludges from intensive pig farming, civil and industrial wastewater, left untreated for a long time), and internal origin (plant biomasses, traditional dredging), anoxic apart from the thin superficial layer newly laid, has contributed to making the water turbid and dominated by cyanobacteria.

Biodiversity has been diminished by invasive species which have benefitted from the newly turbid water. Chironomids, especially, in the absence of natural competitors, have colonized the lake bottom with their larva, obliging the local authorities to take measures to limit the amount of adult chironomids whose presence is a hindrance to tourism in the area.

Professional over fishing and alien fishing fauna introduced over the years, together with other alien species now common in many lakes (the Louisiana shrimp, *Dreissena polimorfa*, coypus) have disturbed the precarious ecological balance of the banks and affected the zooplankton, key element for maintaining ecological equilibrium in pelagic areas and for maintaining lakes in good condition. (euphotic transparent lake).

The low quality of the species being fished and their insignificant market value (*Carassius auratus*) has pushed fishing to the margin of the local economy. The number of those employed in this sector is currently down, and consists mainly of the elderly who have only recently started to integrate forms of fishing and tourism into their activities.

The communities of macrobenthos have been particularly overcome by the few dominating species. The reed bed reacted to the adverse conditions which came about, among which were the permanent submersion and excessive accumulation of its own vegetable residues,

Le comunità di macrobenthos, in modo particolare, si sono impoverite a vantaggio di poche specie dominanti.

Il canneto ha reagito con un certo sfasamento alle condizioni avverse verificatesi, tra cui la sommersione permanente e l'accumulo eccessivo al suolo dei propri residui vegetali, subendo sia la stabilizzazione dei livelli dagli anni '60 sia l'eccesso di materia organica.

Il lago ed una porzione limitata della costa sono divenuti recentemente Parco regionale e SIC-ZPS della Direttiva Habitat, e si stanno sviluppando i relativi Piani di gestione.

Con l'ultima crisi idrica di inizio anni 2002 si sono realizzati investimenti per l'azzeramento dei prelievi potabili (2005) ed agricoli (2011-2013) dal lago stesso, adducendo acque da fuori bacino con nuove reti acquedottistiche ed irrigue per circa 2 e 10 milioni di m^3 annui

Il lago, in cattivo stato ambientale secondo la normativa nazionale, ed in cattivo stato ecologico (stato ad acque torbide), è diventato critico anche per le funzioni ecosistemiche passate e future:

- la proliferazione di cianobatteri, con una loro dominanza a partire dagli anni '90, ha evidenziato specie potenzialmente tossiche abbondanti (*Cylindrospermopsis raciborski, Plantotrix agridii*), aspetto problematico soggetto a controllo per la balneazione, assieme alla scarsa "appetibilità turistica" (visiva e da contatto) delle acque torbide;
- le emissioni naturali di gas climalteranti (CO_2 e CH_4) sono elevate, per le condizioni biochimiche instaurate sul fondo all'interfaccia acqua-sedimento anossico/organico ed in relazione con la vegetazione eutrofica costiera, con una scarsa incidenza della radiazione luminosa sebbene il fondale sia in genere a non più di

undergoing both a stabilisation of levels from the 1960's on, and an excessive accumulation of organic matter.

The lake and a limited part of the surrounding area have recently become a regional park and SIC-ZPS zone of the Habitat Directive, and the relative Management Plans are being developed for them.

The last time the water situation became critical, in 2002, an investment was made in order to eliminate the use of lake water for potable (2005) and agricultural (2011-13) use, and providing extra water from outside the basin area with new aqueduct and irrigation networks supplying approximately 2 and 10 million m^3 of water respectively.

The lake, which according to national regulations is in a poor environmental and ecological state (turbid water), has become critical for past and future ecosystems:

- the proliferation of cyanobacteria, which have predominated since the 90's, has brought to light the presence of abundant potentially toxic species (*Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktothrix agardhii*), an aspect which needs to be kept under control for bathers. The turbid water is also unappealing for tourists both to see and bathe in;
- there is a high natural emission of gases which influence the climate (CO_2 and CH_4), due to because of the biochemical conditions established on the on the bottom at the interface between anoxic water and organic sediment, and to the eutrophic vegetation on the banks. Luminosity is scarce at the lake bottom, despite the fact that the water is generally no more than 3-4 metres deep. It is estimated that the lake releases almost 3000 tons of methane annually;

3-4 metri di profondità. Si stima che annualmente il lago rilasci quasi 3.000 tonnellate di metano;

- la perdita di biodiversità animale e vegetale nelle zone umide, con numerose specie della lista rossa scomparse o danneggiate, la "crisi" del canneto (*die back*, arretramento documentato anche dal lato lago, a causa di degrado dell'habitat per vari motivi tra cui la mancata gestione o gli interventi inadeguati di taglio in acqua, l'attacco da parte di specie animali invasive).

Piani e misure di tutela ambientale degli enti preposti (Piani di bacino e distretto, Piano regionale di tutela delle acque, Programmi provinciali) hanno previsto dalla fine degli anni '90 notevoli investimenti ed interventi per la difesa ambientale del lago.

Le misure sulla depurazione civile/industriale (trattamento spinto e riuso acque reflue) e sulla zootecnia (riconversione, compostaggio effluenti), i vincoli per l'agricoltura (il bacino è dichiarato area sensibile e Zona vulnerabile da nitrati e fitofarmaci) prevedono milioni di investimenti e contributi pubblici, in parte già utilizzati.

Molto maggiori gli investimenti utilizzati per la sistemazione idraulica del reticolo drenante e le reti irrigue di provenienza esterna anche finalizzate a sostenere il livello idrico del lago (700 milioni di euro per il sistema Montedoglio-Chiascio-Altotevere-Valdichiana-Trasimeno).

I costi ambientali dello squilibrio ecologico connessi ai servizi ecosistemici sono altrettanto elevati se cumulati nel tempo.

Tra quelli di natura diretta misurabili si possono elencare i seguenti:

- lotta biologica ai chironomidi (trattamento di settori del lago con *bacillus Thuringensis Var. Israelensis* e trappole a terra "Tofolamps");
- the loss of animal and vegetable biodiversity in the swampy areas, with numerous species from the red list lost or damaged, the reed 'crisis' (probable die-back, reduction documented at the lakeside too, due to the decline of the habitat for various reasons, among which lack of management or inadequate intervention in cutting in water, and attack by invasive animal species).

The plans and measures to protect the environment proposed by the authorities, (Basin and District plan, Regional Water Protection Plan, local projects) since the end of the 90's have led to notable investment and intervention to protect the lake environment.

The measures brought in for treatment of civil and industrial water (tertiary treatment and reuse of wastewater) and for livestock breeding (reconversion, composting of effluents), the regulations for farmers (the basin has been declared a sensitive area, and one vulnerable to nitrates and pesticides) have cost millions in investment and public contributions, and these have already partly been used.

Even greater has been the investment in the water system of the draining network and the irrigation network coming from outside the region, aimed at maintaining the water level of the lake (700 million euros for the Montedoglio-Chiascio -Altotevere-Valdichiana-Trasimeno system).

The environmental cost of the ecological imbalance for the ecosystem services are just as high, if seen as accumulating over time.

Costs which are directly measurable include:

- the biological fight against chironomids (treatment with *Bacillus thuringiensis var. israelensi* in certain sections of the lake, and Tofo lamp land traps;

- taglio e rimozione delle macrofite sottocosta nelle zone turistiche e di pesca;
- dragaggio dei fanghi dei fondali nelle zone portuali e nelle rotte di avvicinamento alla costa.

Tra quelli di natura indiretta stimabili si possono segnalare:

- perdita di funzione ecosistemica/ biodiversità della zona umida e del canneto (centinaia di ettari persi dal Novecento ad oggi, valore stimato da TEEB fino a 9.000€ /anno per ettaro);
- emissioni di CH_4 in atmosfera (valore di mercato *Emission Trading* dell'ordine delle decine di euro per tonnellata);
- perdita occupazionale e valore economico del pescato rispetto ad un ecosistema in buon equilibrio con fauna ittica autoctona di pregio e *standing crop* ottimizzato (occupati attuali/occupati potenziali o storici, rapporto circa 1/10; valore/costo pescato attuale rispetto a un target ottimale, rapporto da circa 1/5 a oltre 1/10).

18.2 Obiettivi ecologici

Il recupero ambientale del lago e del suo bacino è possibile solo rovesciando la logica di intervento e di valutazione delle priorità, partendo cioè dall'obiettivo di un lago in buon equilibrio ecologico ed agendo con azioni di ripristino ben monitorate ed a basso contenuto infrastrutturale (es. biomanipolazione e riequilibrio della pesca, restauro della fascia umida, limitazione delle colmate e dei dragaggi, ecc), da affiancare alla graduale rimozione dei carichi inquinanti esterni.

I servizi ecosistemici rappresentano un elemento essenziale di questo recupero, e dovranno essere meglio definiti e valorizzati.

- cutting and removal of the coastal macrophytes in the tourist and fishing areas
- dredging of mud from the lake bottom in the port areas and the routes leading to the coast.

Costs which can only be estimated include:

- damage to the ecosystem/biodiversity in the swampy area and reed banks (hundreds of hectares at 9000 euros/ ha. a year lost since 1900, according to TEEB estimate);
- emission of CH_4 into the atmosphere (market value Emission Trading) in the order of tens of euros per ton);
- loss of employment and economic value in the fishing sector, compared to the previous situation of good equilibrium with prized autochthonous fish and optimised standing crop (the ratio of the currently employed/ potentially or previously employed is 1/10; the current value derived from fishing is 1/5 – 1/10 of the optimal target).

18.2 Ecological objectives

The environmental recovery of the lake and its basin is possible only by reversing the reasoning behind intervention and evaluation of priorities, starting with the objective of working towards a lake with a good ecological equilibrium, and carrying out recovery procedures which are well monitored and do not greatly involve the infrastructure (eg: biomanipulation, rebalancing of the fishing situation, recovery of the swampy area, limitation of wetland filling and dredging etc). Along with this goes the gradual removal of external pollutants.

The ecosystem Services are essential for this recovery, and should be better defined and valued.

Much of the money spent and work carried out has only had a slight influen-

Molti dei soldi spesi e del realizzato non hanno influito che minimamente sul risanamento del lago, quando non addirittura sono stati maggiori gli effetti collaterali: portare acqua al lago può essere una necessità per fronteggiare la crisi di disponibilità idrica, ma regimare idraulicamente le fluttuazioni e non contenere il trasporto solido dal reticolo drenante impermeabilizzato può produrre danni altrettanto documentabili.

Oltretutto, i giorni piovosi che si verificano annualmente non sono molti, e solo in rari casi si assiste a deflussi di una certa consistenza.

Tenuto conto, inoltre, delle ridotte dimensioni dei bacini drenati e degli stessi corsi d'acqua e canali, appare ingiustificata, in molti casi, l'eccessiva azione di "riprofilatura" e rimozione della vegetazione con cui si giustificano regolarmente nuovi stanziamenti e costi.

A titolo di documentazione riportiamo un esempio di idrogramma, prodotto da IRPI-CNR per la stazione idrometrica sul torrente Paganico, in cui è evidente quanto sopra (fig. 1).

ce on the recovery of the lake, in some cases the relative side effects have even been worse and have damaged the ecosystem services. Adding water to the lake may be considered a necessity because of the insufficient water supply available, but if the artificial regulation of the level is too extreme and the solid transport of the waterproofed draining network is not limited, then other damage will certainly occur.

Moreover, there are relatively few rainy days in a year, and substantial outflows rarely occur. Considering the small dimension of the drainage basins and the rivers and channels, there would seem to be an excessive and unjustified 're-profiling' and removal of vegetation, used to justify new funding and spending.

To give evidence of the above, we show below an example of an hydrogram, produced by the Water Protection Research Institute of the National Research Center (IRPI-CNR) for the Paganico river hydrometric observation station (Figure 1).

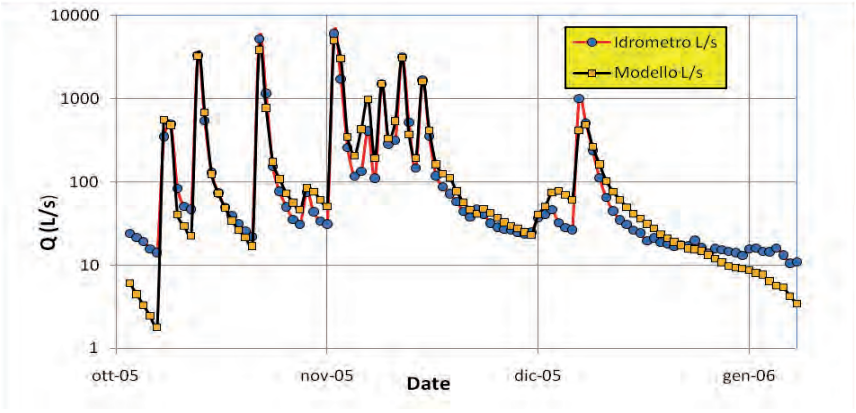


Fig. 1 / figure 1.

Eventi di piena del torrente Paganico, dati giornalieri (IRPI-CNR Perugia) / Flood hydrogram of the Paganico river: daily data

Sembrerebbe logico, pertanto, indirizzare le azioni verso una riqualificazione degli alvei, allargandoli e rinaturalizzandoli ove possibile, dotandoli di casse di espansione, pensando, casomai, anche a forme di contenimento integrate con le tecniche di biomanipolazione (sistemi di avandighe filtranti davanti ai fossi, ove concentrare le azioni di dragaggio dei sedimenti grossolani).

E quando il dragaggio diventa "obbligato" nel lago (porti e darsene), pianificarlo con sistemi che limitano la zona d'intervento, ad esempio palancolate o barriere galleggianti, adottando in ogni caso le tecniche meno impattanti (draghe pneumatiche).

Dato per scontato l'obbligo di un effettivo abbattimento dei carichi esterni agro-zootecnici e civili (semplice attuazione delle misure già presenti nei piani di settore), è opportuno sottolineare che il lago ha bisogno di una gestione e di interventi ponderati, adattati alle singole specificità, talora di non interventi, ma tutto nel segno di una limitazioni delle azioni controindicate.

Il che vuol dire: valutazione accurata, confronto pluridisciplinare tra esperti, partecipazione pubblica alle decisioni, senza demandare o arrogare ruoli non propri, coinvolgimento e valorizzazione delle conoscenze locali e della comunità scientifica locale.

Intervenire in modo tecnicamente corretto nella gestione della vegetazione e del canneto, lavorare alla fissazione dei sedimenti (e dei nutrienti) con soluzioni a basso costo, quali la ricolonizzazione del fondale con macrofite, adottare approcci di biomanipolazione a larga scala (fauna ittica) o testando interventi localizzati a supporto della vocazione turistica del lago (enclosure davanti alle spiagge), sono prospettive auspicate che hanno il vantaggio di essere poco invasive e valutabili in corso d'opera.

It would seem logical, therefore, to direct intervention into a landscaping of the river beds, widening them and re-naturalising them where possible, providing them with retention basin, possibly even introducing methods of containment integrated with biomanipulation techniques (systems with filtration cofferdams in front of ditches, in which to concentrate dredging of the coarser sediments.)

When dredging of the lake becomes an absolute necessity (ports and docks), it should be planned that this be done with systems which limit the area of intervention, eg. sheet piles or floating barriers, adopting in all cases the techniques which have less of an impact (pneumatic dredgers).

On top of the clear obligation for an effective cutting of agro-zootechnical and civil loads (requiring simple implementing of the measures already planned for this), it is important to underline that the lake needs careful management and intervention, customised to the features of each specific case. Sometimes it may even be decided not to intervene, the aim being to avoid inappropriate intervention.

What is needed is careful evaluation, multidisciplinary collaboration between experts, involvement of the public in decision making, without delegating or assuming roles inappropriately, exploitation of local knowledge and involvement of local scientists.

The prospects hoped for have the advantages of being non-invasive and assessable while in progress, and are as follows: to intervene with technical accuracy in the management of the vegetation and the reed bed; to work on fixation of the sediments (and nutrients) with low cost techniques, such as re-colonisation of the lake floor with macrophytes; to adopt a large scale

La riconversione delle strategie di gestione del lago non può essere solo basata sulla pianificazione sistematica ed istituzionale, ma ha bisogno di segnali ed esempi positivi, stimolanti, quali la sostituzione dei mezzi di navigazione attuali con imbarcazioni a fondo piatto alimentate con motori elettrici e ad energia solare.

Segnali importanti possono venire anche da una gestione dei livelli idrici futuri, che provi a ripristinare la variabilità ciclica stagionale/pluriennale e contrastare l'eccessiva salinizzazione delle acque, partendo da una valutazione ecosistemica integrata (e non idraulica).

Analogamente, è necessario includere la gestione di aree di protezione integrale nella logica di preservazione e perseguimento dei diversi obiettivi ambientali. Non è possibile trattare separatamente le zone di nidificazione e sosta degli uccelli migratori da quelle di alimentazione, non si può chiedere al lago di costituire/garantire nuove zone umide senza puntare a riqualificare/recuperare quelle perse in passato verso l'esterno, aventi tale vocazione.

Cosi come si stanno sviluppando nuove norme e forme di valutazione ecologico-ambientale (dagli indicatori biologici al telerilevamento, dall'idromorfologia alle condizioni di riferimento tipo-specifiche introdotte dalla Direttiva 2000/60CE), così l'economia che ruota intorno al lago deve cercare nuove forme di adattamento e valorizzazione di un ambiente e di un territorio che non ha uguali in tutta la penisola italiana, ed anche oltre.

biomanipulation approach (fish fauna); to tryout localised intervention in support of tourism at the lake (enclosures in front of the beaches).

The new strategies for the management of the lake cannot be based solely on systematic planning on the part of the authorities. Positive, inspiring examples are needed, like the substitution of the present means of transport, bring in flat-bottomed boats with electric engines running on solar energy.

Another important example could be found in the management of future hydrometric levels, including an attempt to bring back the seasonal variability and the cyclic repetition occurring every few years, and to contrast the excessive salinisation, starting with an integrated -and not hydraulic- assessment of the ecosystem.

Similarly, the management of protected areas needs to be seen as a fundamental issue and included in any work aimed at conservation and achieving various environmental aims. The areas which are home to nesting and migratory birds cannot be treated separately from the areas where they feed. New swampy areas cannot be created/guaranteed without aiming to reinstate/recover those previously lost externally, as these are the most appropriate areas.

New norms and ways of ecologic and environmental assessment, from biological markers, remote sensing, to hydromorphology, specific reference conditions introduced by Directive 2000/60/EC, are being developed. The lake based economy must adapt too and find new ways of exploiting the area and its environment, which are unique in the whole of Italy and beyond.

19 Dati prodotti

19.1 Indagine sui sedimenti: dati analitici dei campioni raccolti 2008

Dati analitici sedimento superficiale: nutrienti e residuo secco							
Codice Punto	*X*	*Y*	*N tot*	*T.O.C.*	*C tot*	*P tot*	*Residuo secco*
	GaussB.	*GaussB.*	*%s.s.*	*%s.s.*	*%s.s.*	*%s.s.*	*a 105 °C %*
B1	2288016	4776275	0.70	5.90	9.50	0.035	17
B5	2283778	4774989	0.10	0.48	0.99	0.018	51
B6	2284849	4777077	0.22	1.30	2.50	0.043	30
B7	2281255	4776830	0.02	0.14	0.39	0.013	78
B10	2282116	4780228	0.20	0.77	1.70	0.019	37
B13	2279839	4784467	0.33	2.30	3.30	0.035	26
B14	2283160	4783706	0.28	2.10	2.70	0.052	23
B15	2283237	4785920	0.29	1.70	2.50	0.049	25
B16	2284764	4785646	0.30	2.30	3.30	0.049	22
B19	2287903	4784498	0.21	1.70	2.50	0.044	34
B21	2290276	4783215	0.33	2.50	3.80	0.030	24
B23	2288484	4780368	0.29	2.40	3.70	0.030	23
B8	2283394	4779051	0.23	1.90	2.90	0.040	28
B27	2287202	4778760	0.48	2.3	3.40	0.028	26
B26	2285154	4780950	0.42	1.9	2.80	0.028	24
B25	2286063	4781848	0.37	2.1	2.80	0.029	26
B11	2279129	4782719	0.22	1.9	2.50	0.021	n.d.
B17	2285933	4785093	0.19	1.9	2.50	0.019	n.d.
B4	2284935	4775709	0.16	2	2.30	0.037	n.d.

Dati analitici sedimento superficiale: metalli												
Codice Punto	*As*	*Cd*	*Cr tot*	*Cr (VI)*	*Fe*	*Mn*	*Hg*	*Ni*	*Pb*	*Cu*	*Se*	*Zn*
	mg/kg s.s.	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*
B1	6.0	< 0.2	36	< 0.5	22000	381	0.16	26.0	13.0	16.0	2.8	35
B5	3.0	< 0.2	38	< 0.5	19000	376	0.10	27.0	9.0	13.0	1.9	33
B6	9.2	< 0.2	69	< 0.5	32800	780	0.14	50.0	22.0	25.0	4.3	62
B7	5.4	< 0.2	11	< 0.5	3800	138	0.04	6.9	3.2	2.6	1.6	12
B10	4.4	< 0.2	28	< 0.5	13800	392	0.07	23.0	9.9	12.0	1.7	26
B13	5.5	< 0.2	71	< 0.5	31500	521	0.08	49.0	23.0	25.0	3.8	58
B14	12.0	< 0.2	88	< 0.5	41400	10000	0.09	65.0	27.0	26.0	4.3	70
B15	8.0	< 0.2	80	< 0.5	41500	606	0.14	62.0	24.0	27.0	3.7	62
B16	11.0	< 0.2	98	< 0.5	41000	761	0.11	70.0	29.0	32.0	5.2	77
B19	6.2	< 0.2	82	< 0.5	30800	602	0.11	62.0	19.0	23.0	4.6	57
B21	5.9	< 0.2	72	< 0.5	37500	575	0.12	52.0	22.0	26.0	4.1	54
B23	5.1	< 0.2	63	< 0.5	25400	524	0.25	41.0	17.0	20.0	3.2	46
B8	11.0	< 0.2	74	< 0.5	34800	694	0.12	48.0	23.0	21.0	3.6	57
B27	8.1	0.2	77	< 0.5	31500	694	0.1	47.0	22.0	22.0	3.6	67
B26	8.8	< 0.2	75	< 0.5	30000	703	0.14	49.0	22.0	20.0	3.1	64
B25	12.0	< 0.2	85	< 0.5	35000	835	0.1	57.0	25.0	23.0	3.6	69
B11	8.4	0.2	97	< 0.5	29500	740	n.d.	62.0	25.0	29.0	3.0	87
B17	11.0	0.2	93	< 0.5	28000	670	n.d.	63.0	24.0	28.0	2.8	96
B4	12.0	0.2	87	< 0.5	28500	690	n.d.	56.0	21.0	26.0	3.6	74

Dati analitici sedimento superficiale: PCB, IPA												
Codice Punto	*PCB*	*IPA totali*	*Benzo(a) antracene*	*Benzo(a) pirene*	*Benzo(b) fluoranteene*	*Benzo (g,h,i) perilene*	*Benzo(k) fluoranteene*	*Crysene*	*Dibenzo(a,h) antracene*	*Fluoranteene*	*Indenopirene*	*Pirene*
	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.
B1	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B5	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B6	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B7	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B10	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B13	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B14	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B15	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B16	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B19	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B21	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B23	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B8	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B27	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B26	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B25	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B11	< 0.006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
B17	< 0.006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
B4	< 0.006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Dati analitici sedimento superficiale: pesticidi										
Codice Punto	*DDD, DDT*	*Dieldrin*	*Endrin*	*Epta-cloro*	*Epta-cloroe-possido*	*Esa-cloro-Benzene*	*Lindano (γ-esa-cloro-ciclo-esano)*	*α ß Endo-sulfan*	*Alaclor*	*Aldrin*
	mg/kg s.s.	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*
B1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B6	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B7	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B13	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B14	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B15	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B16	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B19	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B21	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B23	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B8	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B27	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B26	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B25	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
B11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
B17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
B4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Acque: parametri chimico-fiscici di campo

Codice punto	X	Y	zona	tipo	profondità	data	Temp. acqua	Temp. aria	pH	Eh	Cond.	D.O.
	Gauss B.	Gauss B.			metri		°C	°C		mV	µS/cm	mg/l
C2 bis-S	2285123	4780923	Centro Lago	S-superficiale	0.5	29/09/2008	15.4	16.0	8.74	190	1813	9.43
C13-A	2286578	4783922	S Passignano	A-interfaccia	Base c.a.	29/09/2008	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C2 bis-A	2285123	4780923	Centro Lago	A-interfaccia	Base c.a.	29/09/2008	15.0	n.d.	8.67	160	1817	8.10
C10-A	2281850	4777052	S Cast Lago	A-interfaccia	Base c.a.	29/09/2008	14.6	n.d.	8.38	195	1824	7.90
C12-A	2280555	4781136	N Cast Lago	A-interfaccia	Base c.a.	29/09/2008	15.8	n.d.	8.53	206	1825	8.00
C11-A	2286326	4776755	S-O Polvese	A-interfaccia	Base c.a.	29/09/2008	14.9	n.d.	8.59	190	1808	8.48
C2 bis-I	2285123	4780923	Centro Lago	I-interstiziale	0-0.05	29/09/2008	15.0	n.d.	7.80	n.d.	n.d.	n.d.

Acque: elementi maggiori e minori

Codice punto	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	$SO_4^{=}$	NO_3^{-}	NO_2	NH_4	PO_4
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
C2 bis-S	34.0	50.50	240	11.5	209.8	380	82.5	0.75	<0.016	0.066	<0.01
C13-A	37.0	55.50	242	10.0	219.6	370	83.5	1.37	0.016	0.051	0.08
C2 bis-A	33.5	50.50	237	8.5	212.3	388	80.8	0.75	<0.016	0.073	<0.01
C10-A	69.0	50.00	237	8.5	202.5	394	82.1	0.75	<0.016	0.102	0.03
C12-A	53.5	52.00	232	10.0	207.4	387	81.5	<0.44	<0.016	0.085	0.04
C11-A	55.0	49.50	237	8.0	200.1	387	83.2	0.84	<0.016	0.123	<0.01
C2 bis-I	35.0	52.50	247	8.5	215	387	77.0	0.84	<0.016	0.759	<0.01

Acque: elementi minori

Codice punto	As	Ba	B	Cr_{tot}	Fe	Mn	Ni	Pb	Cu	Se	Zn	V	T.O.C.
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
C2 bis-S	5.1	71.4	266	8.3	<10	0.9	32.3	1.0	4.8	0.87	<20	4.40	n.d.
C13-A	3.6	85.6	329	1.3	48.4	4.8	1.3	1.1	4.3	0.64	<20	2.50	n.d.
C2 bis-A	5.2	77.9	288	0.64	15.1	7.1	3.3	0.56	9.0	0.99	<20	4.40	n.d.
C10-A	2.9	84.5	284	0.68	37.5	94.5	3.3	0.59	6.0	0.79	<20	3.40	n.d.
C12-A	3.4	77.2	282	0.74	12.8	1.3	2.8	0.72	7.0	0.68	<20	3.40	10.0
C11-A	3.7	83.5	275	0.77	232	138.0	3.3	4.00	5.9	0.68	<20	3.90	8.1
C2 bis-I	11.8	69.7	295	0.78	61.7	1150.0	1.5	0.99	8.4	0.78	<20	0.94	n.d.

Dati analitici carote: metalli													
Codice Punto	*Intervallo profondità cm*	*As*	*Cd*	*Cr $_{tot}$*	*Cr (VI)*	*Fe*	*Mn*	*Hg*	*Ni*	*Pb*	*Cu*	*Se*	*Zn*
		mg/kg s.s.	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*
C2 bis	5-10	13.0	0.2	90	< 0.5	38000	1280	0.2	61.0	27.0	25.0	4.5	70
C2 bis	10-15	18.0	0.2	95	< 0.5	39500	1200	0.11	63.0	29.0	25.0	5.1	74
C2 bis	15-20	14.0	0.2	99	< 0.5	41000	1100	0.12	66.0	31.0	28.0	4.4	76
C2 bis	20-25	9.5	0.2	99	< 0.5	38000	807	0.11	63.0	29.0	26.0	5.8	73
C2 bis	35-40	7.9	0.2	105	< 0.5	43000	680	0.09	71.0	27.0	27.0	5.3	78
C2 bis	50-60	7.4	< 0.2	103	< 0.5	39900	594	0.06	67.0	22.0	24.0	5.7	70
C2 bis	100-110	10.0	< 0.2	99	< 0.5	36300	609	0.1	65.0	19.0	21.0	4.7	64
C10	0-5	9.0	< 0.2	63	< 0.5	26500	635	0.1	42.0	18.0	21.0	4.2	50
C10	5-10	7.8	< 0.2	77	< 0.5	32200	468	0.12	48.0	18.0	21.0	4.9	58
C10	15-20	6.4	< 0.2	91	< 0.5	37000	443	0.09	58.0	20.0	22.0	5.1	96
C11	0-5	10.0	< 0.2	63	< 0.5	25000	624	0.12	42.0	18.0	22.0	3.9	49
C11	5-10	8.9	< 0.2	95	< 0.5	38000	627	0.09	60.0	22.0	25.0	5.6	67
C11	10-15	8.7	< 0.2	99	< 0.5	40000	501	0.1	66.0	23.0	26.0	5.9	74
C12	0-5	17.0	0.2	101	< 0.5	42300	12800	0.15	65.0	30.0	30.0	5.3	79
C12	5-10	11.0	0.2	95	< 0.5	39900	11600	0.1	62.0	28.0	28.0	5.4	76
C12	10-15	6.8	< 0.2	67	< 0.5	39400	587	0.13	45.0	21.0	21.0	3.2	58
C12	20-25	7.8	0.2	89	< 0.5	38000	666	0.13	57.0	26.0	26.0	3.8	72
C12	50-60	8.4	0.2	125	< 0.5	36000	730	n.d.	80.0	24.0	29.0	3.4	98
C12	100-110	11	0.2	108	< 0.5	30000	760	n.d.	74.0	18.0	24.0	3	78
C13	0-5	17.0	0.2	97	< 0.5	38500	1280	0.12	62.0	27.0	24.0	5.2	75
C13	5-10	13.0	0.2	91	< 0.5	37000	1250	0.16	60.0	26.0	24.0	4.6	72
C13	15-20	8.2	0.2	85	< 0.5	40000	692	0.12	56.0	25.0	23.0	3.2	67
C13	35-40	4.2	< 0.2	70	< 0.5	44800	422	0.11	47.0	17.0	18.0	3.3	53
C13	50-60	11	0.2	123	< 0.5	35000	660	n.d.	82.0	24.0	29.0	3.8	89
C13	100-110	8.2	0.2	140	< 0.5	38000	660	n.d.	92.0	24.0	32.0	3.4	97

Dati analitici carote: nutrienti, residuo secco								
Codice Punto	*X*	*Y*	*Intervallo profondità*	*N_{tot}*	*T.O.C.*	*C_{tot}*	*P_{tot}*	*Residuo secco*
	Gauss B.	*Gauss B.*	*cm*	*%s.s.*	*%s.s.*	*%s.s.*	*%s.s.*	*a 105 °C %*
C2 bis	2285123	4780923	5-10	0.38	2.2	3.00	0.037	22
C2 bis			10-15	0.32	2.2	2.80	0.029	27
C2 bis			15-20	0.30	1.9	2.70	0.034	29
C2 bis			20-25	0.28	1.9	2.60	0.045	33
C2 bis			35-40	0.15	0.64	1.20	0.039	36
C2 bis			50-60	0.15	0.7	1.20	0.023	33
C2 bis			80-90	0.16	1.3	1.8	0.024	n.d.
C2 bis			100-110	0.30	3.3	4.10	0.043	34
C10	2281850	4777052	0-5	0.20	1.6	2.60	0.031	33
C10			5-10	0.15	0.86	1.70	0.029	44
C10			15-20	0.28	0.73	1.22	0.03	45
C11	2286326	4776755	0-5	0.32	1.6	4.28	0.03	35
C11			5-10	0.2	1.3	2.2	0.02	37
C11			10-15	0.2	1.1	1.7	0.03	38
C12	2280555	4781136	0-5	0.37	2.5	3.3	0.04	21
C12			5-10	0.3	2	2.9	0.04	23
C12			10-15	0.25	1.4	2.3	0.05	28
C12			20-25	0.38	3	3.6	0.05	37
C12			50-60	0.25	2.6	3.2	0.035	n.d.
C12			100-110	0.17	2.7	3.9	0.027	n.d.
C13	2286578	4783922	0-5	0.33	2.2	3.1	0.03	19
C13			5-10	0.22	1.2	2.1	0.02	22
C13			15-20	0.13	0.53	1.3	0.03	29
C13			35-40	0.27	1.1	1.5	0.02	36
C13			50-60	0.12	1.2	1.6	0.02	n.d.
C13			100-110	0.12	1.2	1.9	0.018	n.d.

Dati analitici carote: PCB e IPA													
Codice Punto	*Intervallo profondità*	*PCB*	*IPA totali*	*Benzo(a) antracene*	*Benzo(a) pirene*	*Benzo(b) fluorantene*	*Benzo (g,h,i) perilene*	*Benzo(k) fluorantene*	*Crysene*	*Dibenzo (a,h) antracene*	*Fluorantene*	*Indenopirene*	*Pirene*
	cm	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*
C2 bis	5-10	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	10-15	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	15-20	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	20-25	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	25-30	n.d.	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	30-35	n.d.	< 0.1	< 0.01	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	0.03
C2 bis	35-40	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	50-60	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	100-110	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C10	0-5	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C10	5-10	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C10	15-20	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C11	0-5	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C11	5-10	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C11	10-15	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	0-5	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	5-10	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	10-15	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	20-25	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	50-60	< 0.006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C12	100-110	< 0.006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C13	0-5	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	5-10	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	15-20	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	35-40	< 0.006	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	50-60	< 0.006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C13	100-110	< 0.006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Dati analitici carote: pesticidi											
Codice Punto	*Intervallo profondità*	*DDD, DDT*	*Dieldrin*	*Endrin*	*Eptacloro*	*Epta-cloroe-possido*	*Esacloro-Benzene*	*Lindano (γ-esaclo-rociclo-esano)*	*α ß Endo-sulfan*	*Alaclor*	*Aldrin*
	cm	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*	*mg/kg s.s.*
C2 bis	5-10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	10-15	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	15-20	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	20-25	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	35-40	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	50-60	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C2 bis	100-110	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C10	0-5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C10	5-10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C10	15-20	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C11	0-5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C11	5-10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C11	10-15	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	0-5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	5-10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	10-15	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C12	20-25	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	0-5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	5-10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	15-20	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C13	35-40	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Dati analitici carote: Valori di pH e Potenziale redox (Eh) misurati sul campo

Codice punto: C13
(Coord. Gauss B. X 2286578, Y 4783922)

Intervallo profondità - cm	*pH*	*Eh mV*
0-5	7.88	-155
5-10	7.88	-186
10-15	7.95	-188
15-20	7.75	-193
20-25	7.70	-206
25-30	7.51	-198
30-35	7.40	-215
35-40	7.23	-199
40-45	7.19	-201
45-50	7.15	-195
50-60	7.09	-190
60-70	6.93	-182
70-80	6.89	-180
80-90	6.93	-165
90-100	6.92	-175
100-110	6.89	-168
110-120	6.84	-143

Codice punto: C2bis
(Coord. Gauss B. X 2285123, Y 4780923)

Intervallo profondità - cm	*pH*	*Eh mV*
0-5	7.78	-200
5-10	7.87	nd
10-15	7.75	-200
15-20	7.56	-170
20-25	n.d.	n.d.
25-30	7.28	-230
30-35	n.d.	n.d.
35-40	n.d.	n.d.
40-45	n.d.	n.d.
45-50	7.13	-190
50-60	n.d.	n.d.
60-70	n.d.	n.d.
70-80	7.05	-138
80-90	n.d.	n.d.
90-100	n.d.	n.d.
100-110	n.d.	n.d.
110-120	7.00	-140

Codice punto: C11
(Coord. Gauss B. X 2286326, Y 4776755)

Intervallo profondità - cm	*pH*	*Eh mV*
0-5	7.80	-189
5-10	7.54	-193
10-15	7.51	-189
15-20	7.22	-195
20-25	7.00	-182
25-30	7.00	-175
30-35	6.97	-173
35-40	6.91	-171
40-45	6.97	-168
45-50	6.91	-155
50-60	6.90	-165
60-70	6.95	-150

Codice punto: C10
(Coord. Gauss B. X 2281850, Y 4777052)

Intervallo profondità - cm	*pH*	*Eh mV*
0-5	7.79	-202
5-10	7.53	-197
10-15	7.37	-190
15-20	7.22	-185
20-25	7.19	-180
25-30	7.17	-177
30-35	7.13	-180
35-40	7.15	-178
40-45	7.11	-175
45-50	7.10	-163

Codice punto: C12
(Coord. Gauss B. X 2280555, Y 4781136)

Intervallo profondità - cm	*pH*	*Eh mV*
0-5	7.72	-90
5-10	7.68	-155
10-15	7.63	-178
15-20	7.62	-150
20-25	7.49	-155
25-30	7.42	-166
30-35	n.d.	n.d.
35-40	n.d.	n.d.
40-45	n.d.	n.d.
45-50	7.23	-150
50-60	n.d.	n.d.
60-70	n.d.	n.d.
70-80	7.13	-138
80-90	n.d.	n.d.
90-100	n.d.	n.d.
100-110	7.11	-125
110-120	n.d.	n.d.

Codice Punto	Nome punto	Data Prelievo	Tipo campionamento	Alcalinità (mg/l Ca(HCO3)2)	Azoto ammoniacale (mg/l N)	Azoto nitrico (mg/l N)	Azoto nitroso (mg/l N)	Azoto totale (mg/l N)	Conducibilità (µS/cm) (20°C)	Fosforo Totale (mg/l P)	Ortofosfati (mg/l P_PO4)	Ossigeno disciolto (mg/l DO)	pH (unità pH)	Silice (mg/l SiO2)	Temperatura acqua (°C)	Trasparenza (m)
TRS30	Centro lago	21/07/2008	Campione integrato	308	0,13	< 0,10	0,008	1,8	1488	0,05	< 0,010	7,9	8,88	1,9	25	0,8
TRS30	Centro lago	08/09/2008	Campione integrato	203	< 0,04	< 0,10	0,017	1,4	1539	0,09	0,039	7	8,84	4,8	26	0,5
TRS30	Centro lago	17/11/2008	Campione integrato	279	0,05	< 0,10	0,02	1	1646	0,04	0,027	9,9	8,23	4,3	12	0,6
TRS30	Centro lago	12/01/2009	Campione integrato	279	0,06	0,24	0,015	1,6	1421	0,04	0,015	11,3	8,29	3,7	3	0,7
TRS30	Centro lago	17/03/2009	Campione integrato	285	< 0,04	0,1	0,009	0,77	1358	0,06	0,017	10,7	8,34	2,5	11,2	0,6
TRS30	Centro lago	06/05/2009	Campione integrato	298	< 0,04	< 0,10	0,015	1	1377	0,02	< 0,010	9,3	8,5	1,5	17	1
TRS30	Centro lago	20/07/2009	Campione integrato	308	< 0,04	< 0,10	0,007	0,95	1463	0,04	< 0,010	8,2	8,7	3,8	27	0,8
TRS30	Centro lago	28/09/2009	Campione integrato	275	< 0,04	< 0,10	0,015	1,3	1558	0,08	0,052	9,8	8,73	5,1	20	0,6
TRS30	Centro lago	11/11/2009	Campione integrato	283	< 0,04	< 0,10	0,01	0,85	1588	0,03	< 0,010	10	8,38	4,9	9	1
TRS30	Centro lago	19/01/2010	Campione integrato	279	< 0,04	< 0,10	0,007	< 0,5	1468	0,03	0,027	11,9	8,42	3,5	4,6	0,5
TRS30	Centro lago	15/03/2010	In superficie						1338			10,5	8,42		7	
TRS30	Centro lago	15/03/2010	In profondità						1339			10,7	8,42		7	
TRS30	Centro lago	15/03/2010	A metà						1339			10,6	8,43		7	
TRS30	Centro lago	15/03/2010	Campione integrato	282	< 0,04	0,15	0,009	0,85	1344	0,04	< 0,010	10,8	8,41	2,5	7	1
TRS30	Centro lago	05/05/2010	In superficie						1335			8,8	8,46		18,5	
TRS30	Centro lago	05/05/2010	In profondità						1335			8,8	8,46		18,5	
TRS30	Centro lago	05/05/2010	A metà						1335			8,8	8,48		18,5	
TRS30	Centro lago	05/05/2010	Campione integrato	295	< 0,04	0,18	< 0,005	0,6	1335	0,01	< 0,010	8,7	8,48	0,4	18,5	1,2
TRS30	Centro lago	06/07/2010	In profondità						1347			7,5	8,51		28	
TRS30	Centro lago	06/07/2010	A metà						1340			7,5	8,55		28	
TRS30	Centro lago	06/07/2010	In superficie						1338			7,4	8,57		28	
TRS30	Centro lago	06/07/2010	Campione integrato	308	< 0,04	< 0,10	0,006	1,1	1360	0,03	0,02	7,3	8,52	2,2	28	1,2
TRS30	Centro lago	06/09/2010	Campione integrato	282	< 0,04	< 0,10	< 0,005	1,3	1396	0,07	0,01	8,5	8,79	4,9	23	0,5
TRS30	Centro lago	10/11/2010	A metà	285	< 0,04	< 0,10	0,005	1,1	1408	0,05	< 0,010	9,9	8,4	4,3	12,2	
TRS30	Centro lago	10/11/2010	In profondità	287	< 0,04	< 0,10	0,005	1,1	1400	0,04	< 0,010	10	8,45	4,3	12,2	
TRS30	Centro lago	10/11/2010	In superficie	287	0,04	< 0,10	0,007	1,2	1398	0,05	< 0,010	10	8,47	4,1	12,2	0,6

Codice Punto	Nome punto	Data Prelievo	Tipo campiona-mento	Alcalinità (mg/l Ca(HCO3)2)	Azoto ammo-niacale (mg/l N)	Azoto nitrico (mg/l N)	Azoto nitroso (mg/l N)	Azoto totale (mg/l N)	Condu-cibilità (µS/cm) (20°C)	Fosforo Totale (mg/l P)	Orto-fosfati (mg/l P_PO4)	Ossigeno disciolto (mg/l DO)	pH (unità pH)	Silice (mg/l SiO2)	Tempe-ratura acqua (°C)	Traspa-renza (m)
TRS35	Oasi La Valle	21/07/2008	Campione integrato	300	0,052	< 0,10	0,015	1,3	1482	0,03	0,012	7,7	8,77	2,1	26	0,9
TRS35	Oasi La Valle	08/09/2008	Campione integrato	166	0,058	< 0,10	0,019	1,7	1554	0,16	0,035	8,1	8,97	4,6	27	0,4
TRS35	Oasi La Valle	17/11/2008	Campione integrato	283	< 0,04	< 0,10	< 0,005	0,9	1634	0,02	< 0,010	9,9	8,31	3,4	11	>1,20
TRS35	Oasi La Valle	12/01/2009	Campione integrato	282	< 0,04	0,2	0,015	1,4	1413	0,04	0,034	11,9	8,34	3,5	3	1
TRS35	Oasi La Valle	03/02/2009	Campione integrato	275	< 0,04	0,18	0,011	0,9	1394	0,03	0,026	10,6	8,22	3,2	6	1
TRS35	Oasi La Valle	17/03/2009	Campione integrato	287	< 0,04	< 0,10	0,009	0,67	1350	0,04	< 0,010	11,2	8,38	2,3	11	0,3
TRS35	Oasi La Valle	06/05/2009	Campione integrato	296	0,05	< 0,10	0,014	1	1384	0,05	0,04	9	8,52	1	17	1
TRS35	Oasi La Valle	20/07/2009	Campione integrato	199	< 0,04	< 0,10	< 0,005	1	1476	0,04	0,012	10,8	10,26	2,2	24	0,4
TRS35	Oasi La Valle	28/09/2009	Campione integrato	274	< 0,04	< 0,10	0,02	1,2	1578	0,06	0,04	7,6	8,62	5,2	20	1,2
TRS35	Oasi La Valle	11/11/2009	Campione integrato	298	< 0,04	< 0,10	0,005	0,8	1573	0,01	< 0,010	9,9	8,37	2,8	9	1,2
TRS35	Oasi La Valle	19/01/2010	Campione integrato	280	< 0,04	0,29	0,008	0,7	1344	0,04	0,033	11,5	8,34	2,9	4,6	0,8
TRS35	Oasi La Valle	15/03/2010	Campione integrato	285	< 0,04	< 0,10	0,008	0,83	1207	0,04	< 0,010	10,9	8,39	2	7	0,8
TRS35	Oasi La Valle	05/05/2010	Campione integrato	324	0,04	< 0,10	< 0,005	0,8	1359	0,03	< 0,010	8,3	8,29	1,3	18,5	1
TRS35	Oasi La Valle	06/07/2010	Campione integrato	285	< 0,04	< 0,10	0,007	0,95	1329	0,02	< 0,010	7,8	8,61	1,4	28	1,2
TRS35	Oasi La Valle	06/09/2010	In superficie	279	< 0,04	< 0,10	< 0,005	1,5	1396	0,06	< 0,010	7,9	8,78	4,7	23	0,5
TRS35	Oasi La Valle	10/11/2010	In superficie	298	< 0,04	< 0,10	< 0,005	1,2	1392	0,07	< 0,010	10,4	8,44	3,2	12,2	1

Codice Punto	Nome punto	Data Prelievo	Tipo campionamento	Arsenico (µg/l As)	Cadmio (µg/l Cd)	Cromo totale (µg/l Cr)	Mercurio (µg/l Hg)	Nichel (µg/l Ni)	Piombo (µg/l Pb)
TRS30	Centro lago	20/08/2008	Campione integrato	10,3	< 0,10	< 2,0	< 0,05	1,3	0,6
TRS30	Centro lago	08/09/2008	Campione integrato	7,3	< 0,10	< 2,0	< 0,05	2,1	< 0,20
TRS30	Centro lago	06/10/2008	Campione integrato	3,9	< 0,10	< 2,0	< 0,05	< 1,0	0,23
TRS30	Centro lago	20/10/2008	Campione integrato	3,2	< 0,10	< 2,0	< 0,05	< 1,0	< 0,20
TRS30	Centro lago	17/11/2008	Campione integrato	< 2,00	< 0,10	< 2,0	0,1	1,9	0,67
TRS30	Centro lago	29/12/2008	Campione integrato	< 2,00	< 0,10	3	< 0,05	1,8	0,55
TRS30	Centro lago	12/01/2009	Campione integrato	< 2,00	< 0,10	3	< 0,05	1,8	0,55
TRS30	Centro lago	03/02/2009	Campione integrato	< 2,00	< 0,10	< 2,0	< 0,05	< 1,0	< 0,20
TRS30	Centro lago	17/03/2009	Campione integrato	1	< 0,10	< 2,0	< 0,05	1,9	0,2
TRS30	Centro lago	06/04/2009	Campione integrato	0,93	< 0,10	< 2,0	< 0,05	0,64	< 0,10
TRS30	Centro lago	06/05/2009	Campione integrato	1	0,61	1,4	< 0,05	0,98	0,25
TRS30	Centro lago	09/06/2009	Campione integrato	1,6	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	20/07/2009	Campione integrato	1,9	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	03/08/2009	Campione integrato	2,9	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	0,1
TRS30	Centro lago	28/09/2009	Campione integrato	3,5	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	19/10/2009	Campione integrato	3,3	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	11/11/2009	Campione integrato	2,1	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	0,11
TRS30	Centro lago	02/12/2009	Campione integrato	1,7	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	19/01/2010	Campione integrato	1,2	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	09/02/2010	Campione integrato	1,2	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	15/03/2010	Campione integrato	1,1	< 0,10	< 0,50		< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	06/04/2010	Campione integrato	1,1	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	05/05/2010	Campione integrato	0,93	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	07/06/2010	Campione integrato	1,1	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	06/07/2010	Campione integrato	1,7	< 0,10	< 0,50		1,9	< 0,10
TRS30	Centro lago	02/08/2010	Campione integrato	3,1	< 0,10	< 0,50		< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	06/09/2010	Campione integrato	4,9	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	19/10/2010	Campione integrato	4,7	< 0,10	0,67	< 0,05	< 1,0	0,67
TRS30	Centro lago	10/11/2010	Colonna d'acqua	2,6	< 0,10	< 0,50	< 0,05	< 1,0	< 0,10
TRS30	Centro lago	14/12/2010	Colonna d'acqua	1,9	< 0,10	< 0,50	< 0,05	1,4	< 0,10

	Trasimeno - Centro Lago						Trasimeno - Oasi La Valle					
Data Prelievo	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010
Specie rilevate (N°/l)												
Achnanthes sp.												32.000
Amphora libyca			2.520									
Amphora sp.												32.000
Anabaena aphanizomenoides					6.675.180						3.413.570	
Anabaena sp.				298.380						792.440		
Aphanizomenon sp.				4.137.510					1.798.230	2.109.810		
Aphanocapsa sp.				330.200					581.840	2.271.330		384.270
Aphanothece sp.						1.280.090						5.653.730
Ceratium hirundinella				3.980								
Chlamydomonas sp.	48.760	72.260		103.440			89.650	20.650	64.650			213.350
Chlamydomonas sp.2						320.020						
Chroococcus dispersus	45.810		85.810	43.760			386.170					
Chroococcus minutus					1.627.420	128.010	213.770				2.005.470	
Ciclotella sp.	1.480	237.440				96.010	20.690	309.700				
Closteriopsis acicularis							34.480		64.650			
Closteriopsis longissima	4.430			7.960					6.460			
Coelastrum microporum			50.470	35.800				61.940	433.140			
Cosmarium bioculatum var. depressum									32.320			

	Trasimeno - Centro Lago						Trasimeno - Oasi La Valle					
Data Prelievo	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010
Cosmarium pygmaeum						96.010						32.000
Crucigenia quadrata	42.850	175.500	1.329.990	167.090			6.900	92.910	206.870	20.190		213.350
Crucigenia tetrapedia			17.670	63.650	27.580			30.970	19.390	211.990	42.670	
Crucigeniella crucifera			20.190									
Crucigeniella rectangularis							27.580					
Cryiptomonas erosa var. reflexa		10.320				32.000						
Cryptomonas erosa	14.780	10.320	22.710					30.970	12.930	5.050	298.690	106.670
Cryptomonas ovata							6.900	92.910				85.340
Cylindrospermopsis raciborskii				1.841.990	55.883.910	2.270.160				1.160.900	101.340.370	2.523.510
Cymbella sp.							6.900					
Dictyosphaerium pulchellum									84.040	100.950		
Euglena gracilis							6.900					
Euglena sp.	4.430											
Euglena viridis											42.670	
Fragilaria capucina		1.145.890	35.330	47.740	220.670			1.114.920		55.520		
Fragilaria crotonensis						32.000		51.620				128.010
Geitlerinema sp.						1.718.640			3.103.130			1.718.640
Granulocystopsis coronata							13.790					
Hyaloraphidium contortum	138.900	588.430	7.570	63.650	579.250	4.288.300	1.655.000	640.040	200.410	156.470	298.690	373.360

	Trasimeno - Centro Lago						Trasimeno - Oasi La Valle					
Data Prelievo	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010
Kirchneriella obesa	39.900	887.800	2.520			224.020	151.710	867.160				426.700
Lagerheimia genevensis				43.760					6.460	50.470	42.670	
Leptolyngbya perelegans			70.660	10.323.870						9.973.660		
Leptolyngbya sp.					7.640.590	3.097.650	2.496.290				2.901.530	2.738.650
Merismopedia glauca					551.670	512.040					1.365.430	213.350
Monoraphidium arcuatum	31.030	30.970			110.330		6.900		6.460			
Monoraphidium indicum			45.430									
Monoraphidium komarkovae	1.480		2.520	79.570		96.010						341.360
Monoraphidium tortile	5.910						27.580		19.390			
Navicula sp.				15.910						35.330		32.000
Nitzschia acicularis		20.650			55.170	32.000	20.690		19.390			53.340
Oocystis apiculata							41.370					
Oocystis borgei	14.780											
Oocystis elliptica	16.250											
Oocystis lacustris		154.850	126.180				20.690		213.340			32.000
Oocystis naegelii			20.190									
Oocystis parva	26.600	433.580	217.040	23.870		64.000	62.060	371.640		30.280		85.340
Oocystis rhomboidea			88.330						116.370			
Oscillatoria sp.									4.732.270			

	Trasimeno - Centro Lago						Trasimeno - Oasi La Valle					
Data Prelievo	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010
Pediastrum boryanum	5.910		5.050	3.980			6.900					
Pediastrum tetras				3.980	82.750					10.090		
Peridinium bipes					110.330							
Planktothrix agardhii				354.070	9.599.010	680.750		825.860			4.480.310	1.347.460
Pseudokephyrion conicum												32.000
Pseudokephyrion sp									51.720			
Rhodomonas minuta var. nannoplanctica	1.480	51.620	17.670			224.020					85.340	661.380
Scenedesmus acutus	4.430		10.090								341.360	
Scenedesmus ecornis	132.990	1.011.680	302.840	278.490	441.330	192.010	96.540	412.930	38.790	363.410		213.350
Scenedesmus intermedius	5.910	175.500	10.090	31.830			68.960		12.930	20.190		213.350
Scenedesmus lefevri												85.340
Scenedesmus linearis	22.160		219.560	111.390	110.330	64.000			187.480	141.330		85.340
Scenedesmus obtusus			98.420									
Scenedesmus opoliensis		20.650					55.170					
Scenedesmus quadricauda		113.560	50.470		110.330	192.010	41.370	185.820	310.310		170.680	
Scenedesmus sempervirens									25.860			
Scenedesmus sp.										40.380		
Synedra ulna					137.920							21.340
Tetraedron caudatum	1.480				27.580			10.320				
Tetraedron minimum	17.730	51.620	22.710	19.890	275.830	288.020	13.790		297.380	121.140	384.030	234.680

	Trasimeno - Centro Lago						Trasimeno - Oasi La Valle					
Data Prelievo	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010	19/01/2010	15/03/2010	05/05/2010	06/07/2010	06/09/2010	10/11/2010
Tetraedron triangulare	1.480		5.050	15.910	27.580	32.000	13.790		45.250	20.190	42.670	
Tetrastrum staurogeniaeforme												85.340
Trachelomonas sp.								10.320				
Trachelomonas volvocina	2.950								58.180			

Atti del convegno

In questa parte del volume sono riportati gli interventi tenuti dai relatori al convegno "Per il futuro del Trasimeno" tenutosi a Castiglione del Lago il 1° e 2 dicembre 2010. Quelli che riguardavano più specificamente il Progetto Osservatorio Trasimeno, le conoscenze e valutazioni tecnico-scientifiche, sono stati sviluppati nei precedenti capitoli di questo volume.

Alcuni relatori hanno preferito lasciare il proprio intervento in forma discorsiva, mentre altri hanno scelto di proporre una rielaborazione scritta del tema trattato. Abbiamo voluto rispettare tali scelte, pubblicando la trascrizione degli interventi o gli atti nella forma in cui ci sono pervenuti. Il registro linguistico utilizzato potrà pertanto variare sensibilmente.

Una traccia di tutti gli interventi è disponibile sul sito Arpa www.arpa.umbria.it, da dove è possibile accedere alle presentazioni e collegarsi alle videoregistrazioni postate su YouTube.

PROGRAMMA DEL CONVEGNO

1 Dicembre

9.00 / Saluti delle Autorità
Sergio Batino - Sindaco di Castiglione del Lago
Marco Vinicio Guasticchi - Presidente Provincia di Perugia
Silvano Rometti - Assessore all'Ambiente Regione Umbria

9.20 / Introduzione al Progetto Osservatorio Trasimeno
Giorgio Cesari - Segretario Autorità di Bacino del Fiume Tevere

9.30 / Sessione 1 / CONTRIBUTI CONOSCITIVI
Risultati del Progetto Osservatorio Trasimeno
Coordina: Giorgio Cesari - Segretario Autorità di Bacino del Fiume Tevere

- Linda Cingolani - Arpa Umbria
  Il quadro delle conoscenze ambientali sul lago Trasimeno
- Mariano Bresciani / Claudia Giardino - IREA CNR (MI)
  Il monitoraggio del lago attraverso il telerilevamento da satellite
- Mariano Bresciani / Claudia Giardino - IREA CNR (MI)
  Vegetazione acquatica e spondale tramite telerilevamento
- Arnaldo Boscherini /Andrea Motti - Regione Umbria
  Il contesto geologico del lago Trasimeno
- Nicola Morgantini /Luca Peruzzi - Arpa Umbria
  La caratterizzazione dei sedimenti

11.30 / Sessione 2 / CONTRIBUTI CONOSCITIVI
Valutazioni ecologiche ed ambientali finalizzate alla definizione di scelte gestionali per il Trasimeno
Coordina: Giancarlo Marchetti- Arpa Umbria

- Chiara Todini /Maria I. Taticchi - Università di PG
  Composizione e struttura del fitoplancton del lago
- Lucia Ghetti (Reg.U.) / Massimo Lorenzoni (Università di PG)
  Evoluzione della fauna ittica e problematiche gestionali
- Daniela Gigante / RobertoVenanzoni -Università di PG
  Il declino della popolazione di Phragmites Australis
- Gianluca Lazzerini / Elisabetta Ciccarelli - Arpa U.
  Prime valutazioni ecologiche sulle macrofite

12.30 Discussione

14.30 / Sessione 3 / ASPETTI DI GESTIONE AMBIENTALE

Esperienze di valutazione ecologica e di gestione di sistemi lacustri poco profondi

Coordina: Laura Mancini - Istituto Superiore di Sanità

- Marco Bartoli - Università degli Studi di Parma
  Funzioni ecosistemiche in ambienti acquatici poco profondi
- Andrea Agapito Ludovici - WWF Italia
  Criticità di conservazione nelle zone umide
- Aldo Marchetto - ISE CNR, Pallanza
  Stato ecologico e condizioni di riferimento dei laghi italiani
- Alessandro Ludovisi - Università di PG
  L'ecosistema del Trasimeno tra passato e futuro
- Massimo Guidi - IGG CNR, Pisa
  Condizioni ambientali del lago di Massaciuccoli

16.15 / Sessione 4 / PROBLEMATICHE DEL TERRITORIO

Gestione del territorio, delle acque e dei sedimenti

Coordina: Tommaso Moramarco - IRPI CNR Perugia

- Tommaso Moramarco
  Introduzione
- Paolo Papa / Raoul Segatori - Regione Umbria
  Strategie di gestione delle aree protette della Direttiva Habitat
- Guido Morozzi - Università degli Studi di Perugia
  Il problema dei sedimenti lacuali
- Giancarlo Mazzasette - Regione Umbria
  Depurazione e tutela dall'inquinamento diffuso
- Maurizio Grandolini - Regione Umbria
  Incidenza delle attività agrozootecniche nel bacino del Trasimeno e strategie di sviluppo
- Walter Dragoni - Università degli studi di Perugia
  Bilancio idrogeologico del Trasimeno

2 Dicembre

9.00 / Sessione 1 / APPROCCI ALLA PIANIFICAZIONE
Valutazione ambientale, pianificazione e contributi alla proposta di un modello di Piano di gestione ambientale del bacino del Trasimeno
Coordina: Giancarlo Marchetti - Arpa Umbria

- Giancarlo Marchetti
  Introduzione
- Louis Montagnoli-C.Montana /Ass.Trasimeno-medio Tev
  Indirizzi di gestione del parco e delle aree di interesse naturalistico del bacino
- Raffaello Di Benedetto /Gianluca Paggi - Prov. PG
  Pianificazione e gestione ambientale nel bacino del Trasimeno
- Angelo Viterbo - Regione Umbria
  La pianificazione e le azioni della Regione Umbria per la salvaguardia del lago Trasimeno
- Angiolo Martinelli - Arpa Umbria
  Elementi e valutazioni a supporto della gestione ambientale

10.40 / Discussione

11.10 / TAVOLA ROTONDA E DIBATTITO
Quali scelte ambientali e strategie integrate per un Piano di gestione del Trasimeno?
Modera: Andrea Chioini - Rai Tre

- *Intervengono*
  Fernanda Cecchini - Assessore Politiche Agricole Regione Umbria,
  Domenico Caprini - Assessore Viabilità e Difesa Idraulica Provincia di Perugia,
  Massimo Alunni Proietti - Sindaco di Magione, Presidente Conferenza dei sindaci del Trasimeno
- *Dibattito*
  sono stati invitati a partecipare: Regione Umbria, Provincia di Perugia, Sindaci dei Comuni del Trasimeno, Comunità Montana-Associazione dei Comuni "Trasimeno-Medio Tevere", Associazioni di categoria del comprensorio (Turismo, Allevamento, Pesca), Università, CNR, Associazioni Ambientaliste

13.00 / Conclusioni

Svedo Piccioni - Direttore Generale Arpa Umbria

Saluti della autorità

Sergio Batino
Sindaco di Castiglione del Lago

Buongiorno a tutti e grazie per essere intervenuti. Grazie soprattutto agli organizzatori, in particolare ad Arpa, per questa iniziativa che mette al centro del dibattito il lago Trasimeno nel suo complesso, con tutti i suoi problemi e le sue potenzialità. Siamo infatti abituati a pensare che quando piove, come in questi giorni, e l'acqua risale, i problemi del lago sono in qualche modo risolti, magari per tornare ad allarmarci tra 2-3 anni, quando i livelli dell'acqua saranno più bassi, con tutto ciò che comporta in termini di tensioni legate al turismo. Credo invece che dovremmo recuperare per intero il valore del lago Trasimeno in questo territorio. Molto probabilmente, fino a qualche anno fa, il lago è stato esclusivamente dei pescatori, che lo consideravano – e senza discussioni – come proprio ambito esclusivo, principalmente per la produzione del pesce e quindi per il sostentamento. A tal riguardo ricordo le discussioni politiche degli anni '70, quando si è cominciato a valutare il lago da altri punti di vista economici e sociali. Probabilmente proprio perché nella nostra tradizione il lago non ha rappresentato un patrimonio comune. Lo stesso mondo contadino non l'ha vissuto come proprio ma piuttosto come un elemento di disturbo, a causa soprattutto delle piene che occupavano i terreni e non garantivano la possibilità di continuare a coltivare con certezza tutti gli anni lungo i terreni più fertili che circondavano il lago. Dunque non è sempre stato il lago amico, e la percezione maturata su di esso e sul suo ruolo è andata mutando solo in tempi relativamente recenti. Oggi credo infatti si stia diffondendo la consapevolezza – e dobbiamo lavorare perché questa si affermi sempre più – del lago come di una grande risorsa per il territorio, non solo per il Trasimeno ma anche per l'intera regione; l'Umbria dovrebbe infatti comprendere in maniera più significativa il valore complessivo di questo lago per un insieme di fattori che non sono solo legati al turismo. In questo senso, quindi, è necessario lavorare innanzitutto sul piano culturale, perché questo lago divenga appieno patrimonio

degli umbri. Solo così potremo iniziare ad immaginare di costruire dei percorsi e delle attività sul lago, non solo quando c'è acqua bassa e diventa quindi necessario intervenire progettando grandi opere, pur assolutamente positive e straordinarie come quella ancora in corso per l'adduzione dell'acqua da Montedoglio, di cui è stato inaugurato il primo stralcio proprio nei giorni scorsi, un'opera che garantisce a questo territorio acqua per l'agricoltura e l'agricoltura è anche paesaggio. Ma non possiamo immaginare il lago solo come un bacino d'acqua. Il lago è un territorio di cui l'acqua è una parte, ma tutto il resto è rappresentato dalle colline, dai borghi di questo nostro Trasimeno. Dobbiamo quindi pensare anche ad interventi quotidiani che esulano dalla logica dell'emergenza.

Abbiamo l'esigenza di recuperare appieno questa comprensione, sia sulle questioni legate alle colline, e quindi sulla questione della lavorazione dei campi, sia sulla garanzia del normale deflusso delle acque. Lo dimostrano i fatti di questi giorni, con un lago che potrebbe ancora contenere senza problemi qualche milione di metri cubi di acqua e al contempo i nostri comuni praticamente sott'acqua. Penso al comune di Castiglione del Lago, a quello di Magione, o a quello di Corciano, dove si è verificato il terribile episodio della morte di un volontario mentre interveniva per cercare di mitigare gli effetti di fossi e torrenti che ormai, appena piove per un giorno, esondano perché non hanno più manutenzione. E questa credo sia una questione che le istituzioni insieme devono porsi, recuperando il rapporto con gli agricoltori, recuperando il rapporto con il territorio. Proprio per garantire quell'ordinaria attività di manutenzione che esisteva fintanto che esisteva il mondo contadino. Oggi dobbiamo recuperare tutto ciò innanzitutto come patrimonio culturale, oltre che come intervento pratico. Questo per il territorio, ma la stessa cosa vale anche per il bacino del lago. Perché i pescatori negli anni non hanno solo pescato, ma hanno curato la manutenzione ordinaria del lago, la manutenzione ordinaria del canneto., per quanto con metodi oggi non più proponibili, dal momento che il canneto veniva ciclicamente bruciato. Resta però l'esigenza di garantire la manutenzione del canneto come un elemento fondamentale. E se non operiamo questi passaggi con la cura, l'attenzione e i monitoraggi necessari – che anzi si stanno già facendo e che dobbiamo intensificare in maniera tale da mettere il lago al riparo da qualsiasi elemento inquinante –, se non recuperiamo queste pratiche non risolveremo i problemi del nostro lago. Il Trasimeno continuerà a vivere momenti di tensione, sia per l'acqua, sia per l'abuso di concimi in agricoltura o altre tecniche agricole che in qualche modo vengono praticate lungo le rive del lago. Abbiamo vissuto tutta la fase del granoturco, che abbiamo considerato non solo eccessivamente idrovoro ma anche eccessivamente inquinante rispetto alle acque. Oggi siamo nella fase del pomodoro, non sappiamo – e sfortunatamente non lo sanno nemmeno gli agricoltori – quale produzione faremo domani, ma se non definiamo tecniche e modalità anche di coltura e pratiche agricole, sicuramente questi problemi si riproporranno. Credo comunque che un grande lavoro sia stato fatto a partire dal piano stralcio, che sicuramente rappresenta una pietra miliare per le pratiche di valorizzazione e di tutela del lago Trasimeno. Penso però che questo lavoro dovrà essere aggiornato, dovrà essere integrato con elementi che ancora mancano e che possono far diventare un lavoro quotidiano il monitoraggio, le pratiche agri-

cole, la manutenzione del canneto o il dragaggio dei fondali, un altro elemento che dobbiamo considerare. A questo proposito leggevo qualche giorno fa alcuni interventi contro il dragaggio dei fondali, che snaturerebbe il lago. Credo che non dobbiamo commettere l'errore di immaginare il lago come la foresta amazzonica. Qui siamo in una realtà che da circa 3000 anni vede visto l'uomo e il lago vivere in un connubio molto forte. Già al tempo degli Etruschi, l'uomo ha messo mano sul lago con una serie di interventi – anche perché probabilmente, io non sono un esperto, voi lo saprete sicuramente meglio di me, la Valdichiana (di cui il lago è un pezzo) sarebbe una grande palude. Se le opere di bonifica e di intervento non fossero iniziate allora, non avremmo questo splendido paesaggio che abbiamo oggi e che credo tutto il mondo ammira. Pensare che sul lago non si possano fare interventi credo sia una cosa che non possiamo accettare. Avere una visione solo di tutela, che pone unicamente limiti, credo faccia anche un danno al Trasimeno. Noi abbiamo bisogno che l'uomo continui ad intervenire sul lago Trasimeno, continui ad intervenire con il dragaggio, continui ad intervenire con la manutenzione del canneto, continui ad intervenire attraverso pratiche agricole – adesso si chiamano buone pratiche agricole – che garantiscano la normale manutenzione dei terreni e il normale deflusso delle acque verso il lago. Tante piccole cose che possiamo recuperare nella storia recente. Mi auguro dunque che riusciremo ad operare questo passaggio culturale, per il quale il lago recuperi fino in fondo il grande valore che esso riveste per questa regione, lavorando per far comprendere meglio il valore di questo territorio e di questo nostro lago Trasimeno e restituendo appieno anche quali sono i livelli e le esigenze di intervento che dobbiamo praticare su questo territorio. Ponendo questa questione: l'uomo non può non intervenire sul lago, su di esso l'uomo interviene da sempre. Certo, deve essere un intervento regolato, ma non è pensabile che l'uomo non intervenga, perché altrimenti questo bellissimo paesaggio diventa un'altra cosa in negativo. Questo è il punto sul quale sento di dover insistere: come costruire, per il futuro del Trasimeno, un rapporto corretto tra l'uomo e il lago. Regoliamolo, definiamolo, ma il lago non può prescindere dall'intervento dell'uomo. Grazie e buon lavoro.

Svedo Piccioni
Direttore Generale Arpa Umbria

Voglio innanzitutto ringraziare il sindaco di Castiglione del Lago per il suo intervento e per le interessanti questioni che ha sollevato, che possono forse trovare risposta nel significato stesso della giornata di oggi. Veniamo da un passato in cui non è che non si è intervenuti sul lago, si è intervenuti moltissimo, e forse per alcuni aspetti anche troppo. Qui c'è innanzitutto una questione di carattere culturale da affrontare, che riguarda l'idea che l'uomo ha sempre avuto del proprio rapporto diretto con la natura. Viviamo in un Paese – e non ne siamo esenti nemmeno in Umbria, per essere chiari – in cui questo rapporto è stato un rapporto di dominio dell'uomo sulla natura, teso a piegare la natura alla proprie esigenze, sviluppando con essa un rapporto conflittuale. Questa è la prima grande questione che l'era moderna ci ha sottoposto, perché un rapporto di questo tipo non è più sopportabile. Basti pensare ai fiumi, imbrigliati e bloccati dall'opera dell'uomo fino a quando la potenza delle acque esplode e fa disastri. Questo è un Paese che spende cifre spaventose per intervenire sulle

emergenze, che potrebbero al contrario essere razionalizzate e programmate in termini di prevenzione, all'interno di un rapporto di equilibrio tra uomo e natura. E invece facciamo i conti con la follia della cancellazione delle Comunità Montane, col fatto che siamo l'unico Paese d'Europa che non ha più leggi sulle aree montane. Non affrontando più le questioni in termini di contenuti ma sempre e soltanto in termini ingegneristici, finiremo col dimenticare completamente che i bacini li definisce la natura e che all'interno dei confini disegnati dalla natura si costruiscono le politiche più adatte. Dobbiamo dunque rompere la cultura del rapporto conflittuale con la natura, spezzare la logica per cui la natura può sempre piegarsi alle nostre esigenze. Gaia si è ribellata.
Tornando al Trasimeno, ho detto che molto è stato fatto e, in questo quadro, quello di oggi rappresenta un appuntamento determinante: abbiamo, infatti, messo insieme per la prima volta tutto ciò che è stato fatto, tutte le conoscenze che sono state sviluppate dai tanti enti e istituzioni che sul lago lavorano insieme. Abbiamo anche analizzato le situazioni in cui, ad esempio, nel risolvere un problema ne sono stati creati molti altri, come quando si prende un medicinale che va bene per una cosa e fa male per altre dieci cose. Abbiamo quindi realizzato uno studio che ha recuperato la storia di tutti gli interventi, analizzandone nel loro complesso gli aspetti positivi e negativi. Perché al di là dell'idea di sviluppo del lago Trasimeno, il punto di partenza è che sia innanzitutto vivo, sano, che la sua qualità sia ottima e che quindi possa interagire in maniera positiva con le esigenze della popolazione e torni ad essere quella grande ricchezza che è stata nel passato. A questo proposito forse non tutti sanno che la Fontana Maggiore di Perugia fu costruita con i proventi delle tasse pagate dai pescatori del lago Trasimeno alla città di Perugia. Questo per dire quale grande ricchezza il lago ha rappresentato nel passato. Perché questo ritorno sia possibile dobbiamo oggi innanzitutto garantirne la qualità delle acque, la qualità della vita vegetale, la qualità dei suoi pesci, la qualità delle sue sponde, la qualità di ciò che si produce. In questo quadro, il fatto che l'agricoltura e l'ambiente si mettano insieme a discutere è fondamentale perché, spesso, proprio per correre dietro ad un problema abbiamo perseguito con gli stessi atti giuridici di carattere generale obiettivi completamente diversi che hanno prodotto disastri: mentre magari da un lato si puntava ad una politica di risanamento, dall'altra si incentivavano situazioni che portavano ad un inquinamento dell'ambiente. Coniugare questi due elementi non significa infatti non preoccuparsi della crescita produttiva ed economica di un sistema, ma vuol dire che lo si fa nella misura in cui si rispetta l'ambiente, lo si fa crescere in qualità e si dà ad esso la possibilità di costituire una fonte di ricchezza. Senza la capacità di mettere in campo le conoscenze sviluppate, creando una cultura di sviluppo, di salvaguardia e di tutela, non sarà possibile mettere in campo politiche in grado di durare e creare nel tempo possibilità di sviluppo e di ricchezza. L'iniziativa di oggi rappresenta quindi uno snodo importante, come è importante che si tenga qui al lago e non a Perugia o in qualsiasi altra parte, per sviluppare una cultura, un patrimonio acquisito e condiviso che possa servire ad indirizzare le politiche future che riguardano questi temi in generale e questo luogo in particolare.

Giancarlo Mazzasette,
in rappresentanza dell'Assessore
Rometti – Regione Umbria

Devo portare i saluti dell'Assessore Rometti che questa mattina non ha potuto partecipare a questo convegno. Credo che sia il sindaco che il direttore di Arpa abbiano chiarito abbondantemente l'essenzialità di sviluppare una visione d'insieme sul lago Trasimeno e sul territorio circostante. È stata giustamente ribadita la necessità di superare un'ottica di tutela semplice a favore di una visione di tutela attiva, prendendo atto di ciò che ha rappresentato effettivamente quel rapporto di dominio intervenuto nel passato. Con lo sviluppo della conoscenza e con dei nuovi valori attualizzati ad oggi su questo territorio su questo bacino usciremo dai due estremi opposti: di dominio dell'uomo, e di tutela fondata sul non intervento dell'uomo, per trovare quella che deve essere la via maestra per l'intero territorio lacustre. Speriamo che questo convegno costituisca un primo passo per diffondere questa nuova cultura di tutela attiva, coinvolgendo non solo gli attori pubblici, ma tutti i soggetti che vivono e lavorano in questo territorio

Interventi

Andrea Motti

Regione Umbria

Il contesto geologico del lago Trasimeno

Buon giorno a tutti. Porto il saluto del collega Boscherini che per motivi di salute è impossibilitato a partecipare.
Una piccola premessa, utile per definire per sommi capi quello che è il contesto geologico del lago Trasimeno. Come Servizio Geologico e Sismico della Regione abbiamo utilizzato diverse risorse finanziarie derivanti nello specifico da un progetto di cartografia geologica nazionale (progetto CARG), poi successivamente integrato da alcuni fondi dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere e, sommando le risorse, abbiamo potuto concludere alcune tipologie di indagini che avevamo iniziato nel 2004 e nel 2005. Le risorse finanziarie che abbiamo utilizzato per le indagini "pure" sono 130.000 euro per due campagne geofisiche - nel 2004 e 2005 - poi successivamente integrate con altre risorse di 40.000 e altri 27.500 euro (risorse utilizzate negli anni 2009 e 2010). L'obiettivo era definire un quadro geologico completo all'interno del foglio geologico in scala 1:50.000 Passignano sul Trasimeno, foglio occupato dallo specchio d'acqua del lago Trasimeno per circa un quarto dell'intera superficie, pari a circa 600 km^2. Nello specifico la superficie del lago Trasimeno è di circa 130 km^2. Questo è semplicemente per ricordare il contesto ambientale. I dati precedenti: in fig. 1 è mostrata la vecchia carta geologica, a scala 1:100.000, in cui si vede lo specchio del lago Trasimeno indicato come di solito si faceva, con un colore celestino

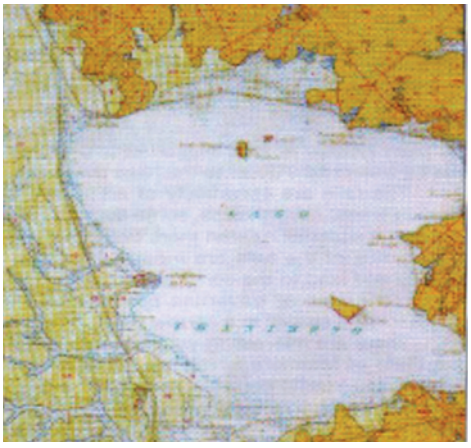


Fig. 1
Cartografia geologica storica, scala 1:100.000

senza nessuna informazione su quelli che erano i depositi (le unità geologiche al di sotto dell'acqua).

Sperando che ISPRA proceda alla stampa il più velocemente possibile del foglio geologico n. 310 Passignano sul Trasimeno, perché il progetto è stato concluso, andiamo ora direttamente ai risultati che si sono ottenuti con il progetto di cartografia geologica 1:50.000.

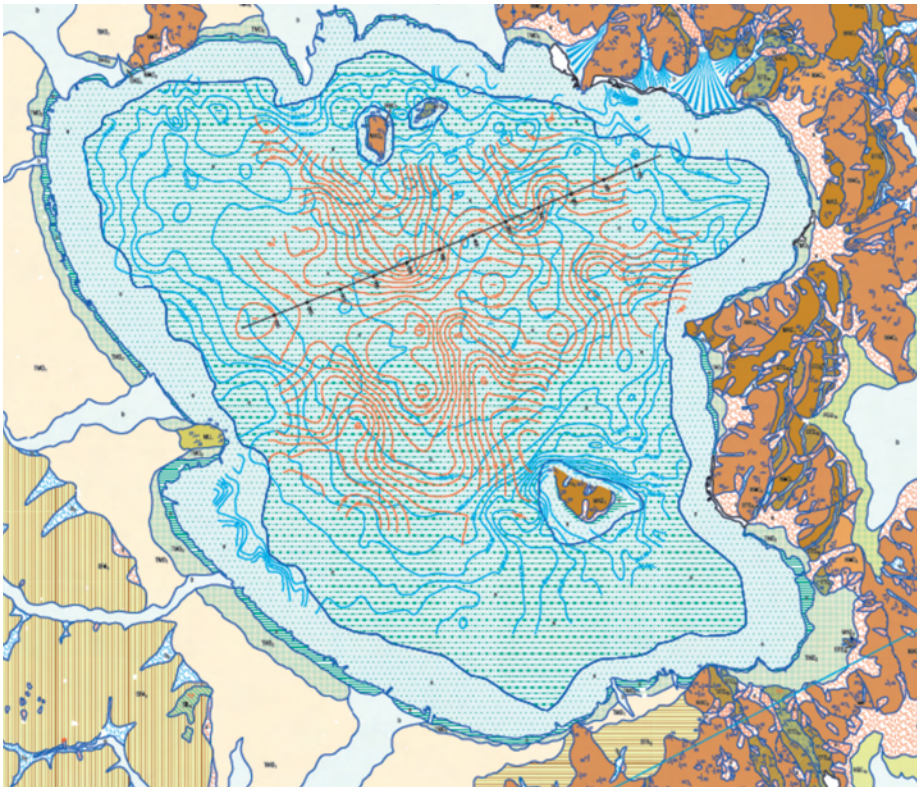


Fig. 2

Batimetria del fondale e quote del livello di base delle formazioni sedimentarie post-orogeniche

Adesso un raffronto sui dati di superficie tra la situazione precedente e quello che è stato ottenuto con le nuove indagini. Nello specifico si sono aggiunti i seguenti dati: la batimetria, che prima non era riportata, le litologie del fondale, e le profondità di alcuni livelli base di separazioni tra unità geologiche.

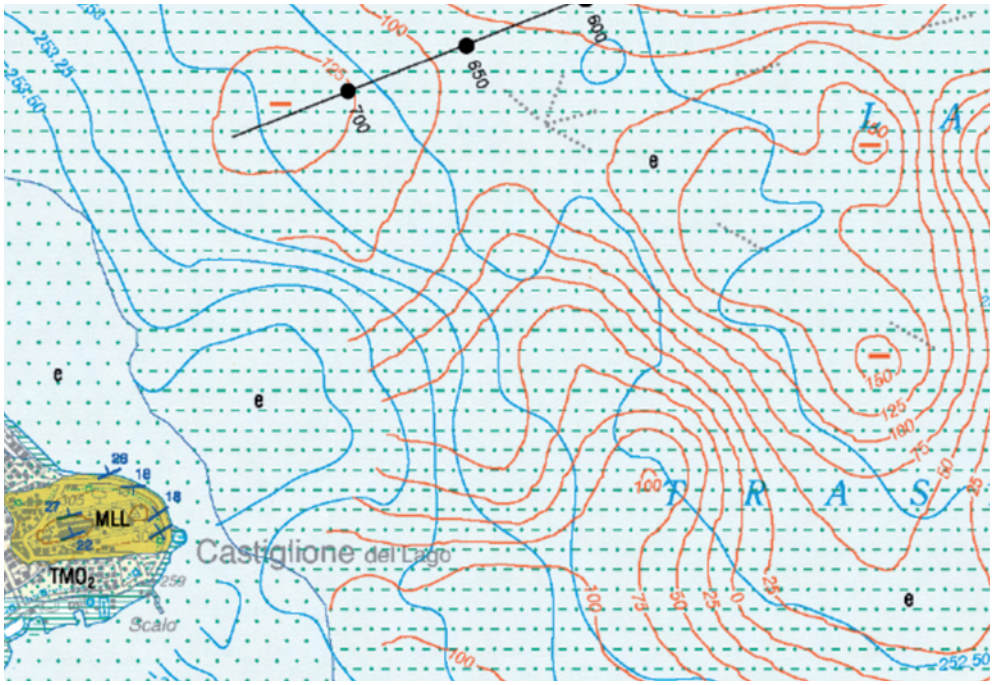


Fig. 3

Dettaglio della fig. 2

Il processo di rilevamento della carta geologica ha tenuto conto del modo di cartografare le unità geologiche per limiti inconformi. Questo è uno schema stratigrafico di sintesi che è stato elaborato dalle università e dagli specialisti che hanno predisposto il foglio geologico, nello specifico: il Dipartimento di Scienze della Terra di Perugia e il Dipartimento di Scienze della Terra di Pisa, insieme al CNR ISMAR di Bologna.

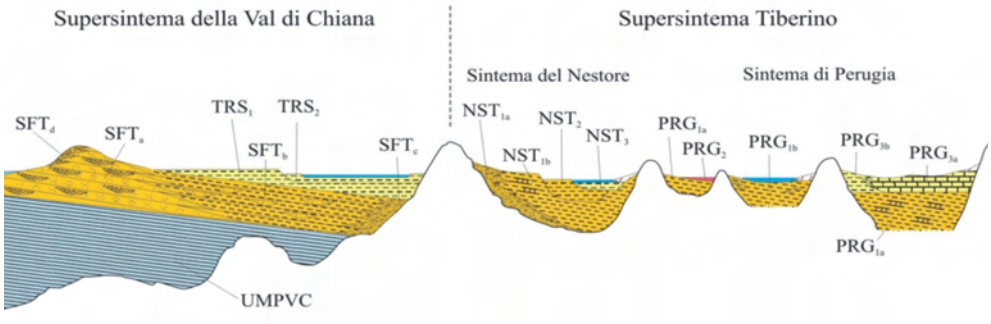


Fig. 4

Schema stratigrafico di sintesi

Tra i nuovi dati del sottosuolo rilevati di seguito è mostrata una delle circa 20 linee sismiche che sono state tracciate sul lago Trasimeno. Sopra si vede la linea sismica quale è, sotto l'interpretazione.

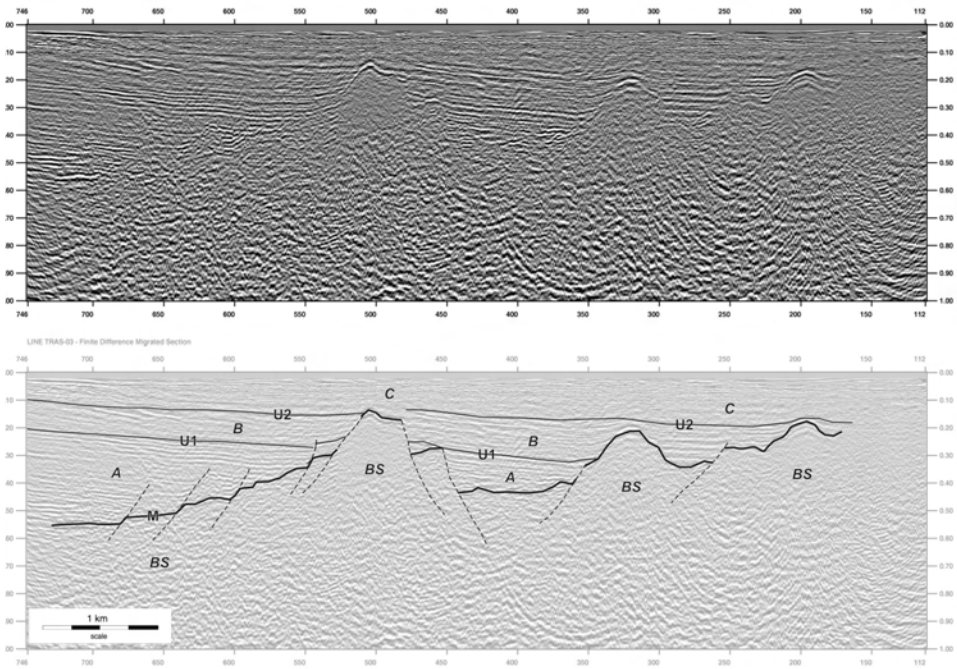


Fig. 5

Profilo sismico esemplificativo dall'assetto profondo

I risultati delle indagini eseguite hanno permesso di individuare una successione spessa circa 600 metri che ricopre in discordanza il substrato oligomiocenico. Questa successione, poi, è stato possibile suddividerla in tre unità principali separate da altre discordanze. Altro dato ottenuto, la nuova carta batimetrica. Quella che si può vedere è la nuova carta batimetrica ottenuta sommando le risorse CARG e le risorse messe a disposizione dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere. Nella figura è mostrata una batimetria semplificata, che però è possibile realizzare anche con intervalli di 2 cm.

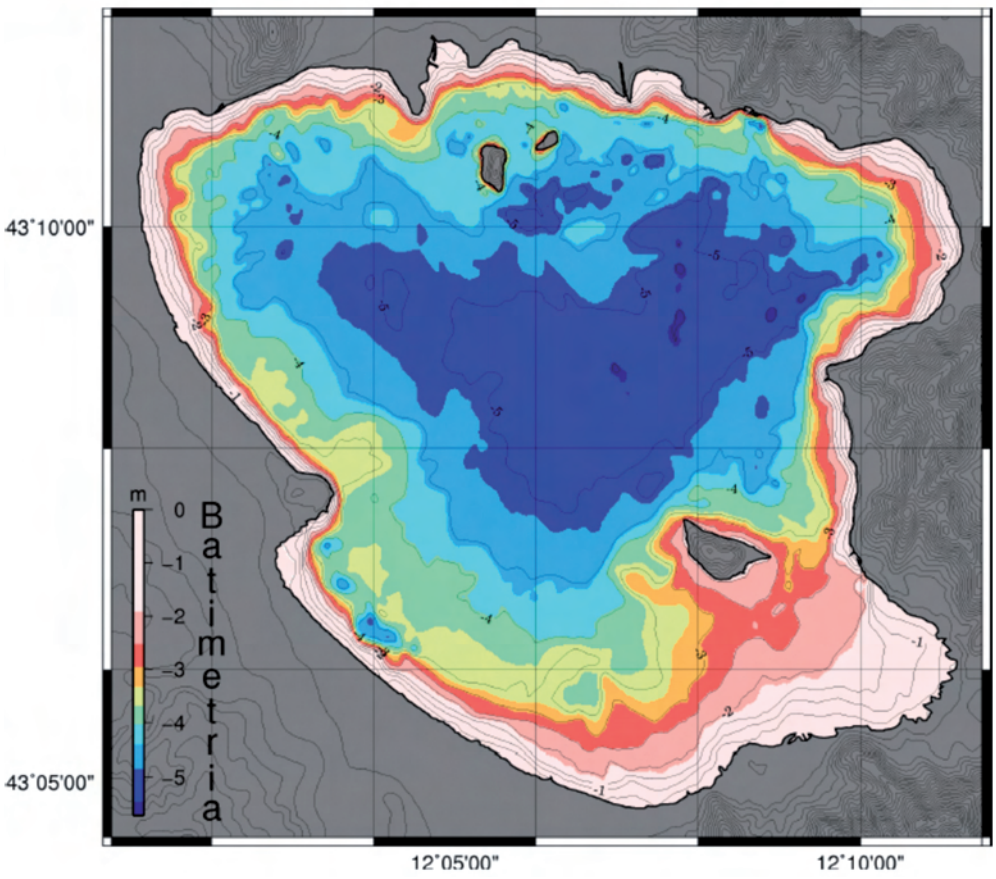


Fig. 6
Carta batimetrica esemplificata

Tra i possibili utilizzi anche le visualizzazioni in 3D per studi di diverso tipo. Pochi giorni fa, il 13 novembre, si è concluso un sondaggio a carotaggio continuo di circa 200 m, nello specifico 174,5 m, attraverso il quale verranno determinate facies ed età dei depositi. Chiaramente questa sarà una serie stratigrafica importante e di riferimento non solo per il lago Trasimeno, perché si potranno determinare alcuni fattori geologici soprattutto paleoclimatici. Concludendo, i risultati ottenuti con le indagini eseguite sono:

a. l'assetto geologico attuale e del recente passato fino a 100.000 anni;
b. l'assetto geologico strutturale del lago ed i suoi rapporti con le formazioni geologiche a contorno; vi faccio notare anche che l'orizzonte delle colline del lago Trasimeno è presente al disotto del lago Trasimeno;
c. le informazioni litologiche di dettaglio sui depositi del fondale del lago.

Si spera che le analisi che si eseguiranno sui 175 m di carotaggio, permetteranno di individuare e di precisare le facies e l'età dei depositi per poter individuare i diversi contesti paleoambientali e paleoclimatici del lago.

Chiudo dicendo solamente questo: sicuramente tra le proposte da mettere in discussione, almeno per noi, è inderogabile proporre un museo, in cui possano essere raccolte tutte le indagini eseguite e le conoscenze acquisite.

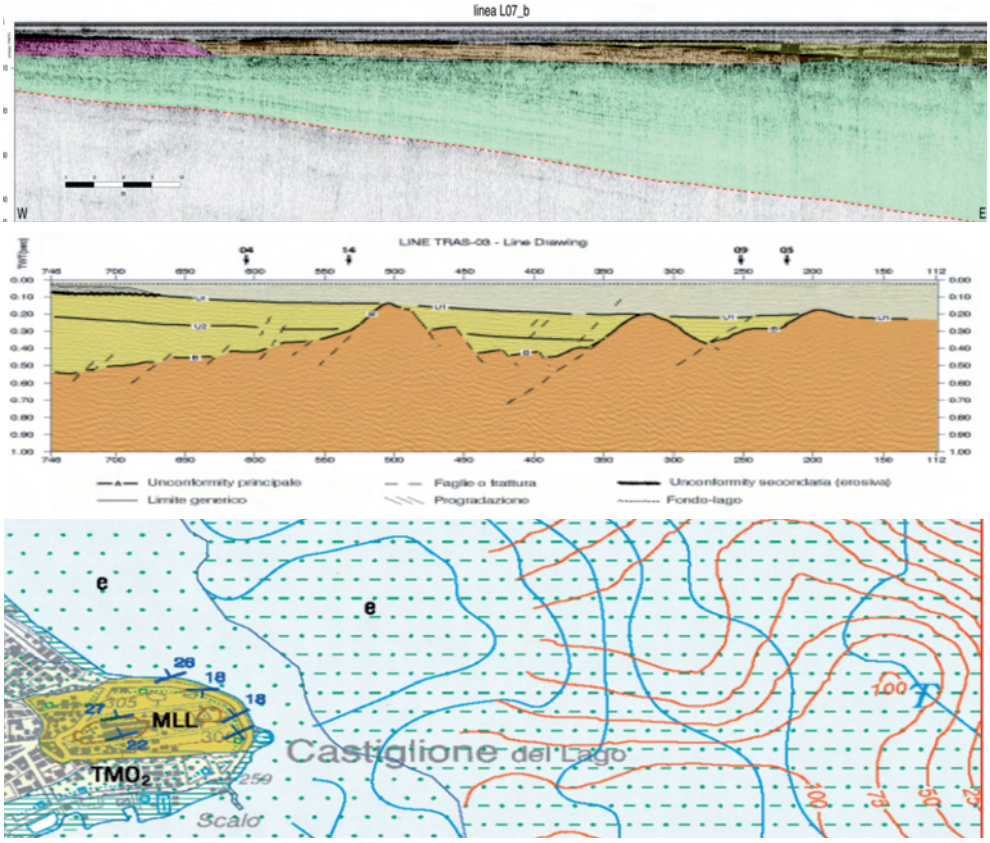


Fig. 7
Interpretazione geologica dei profili sotto il lago

Andrea Agapito Ludovici[1], Francesco Cecere[2], Rossano Bolpagni[3], Marco Bartoli[3], Maria Elena Ferrari[4], Lorenzo Pizzetti[5], Stefano Rancati[6], Simone Ravara[7], Massimo Salvarani[4], Mario Toledo[8]

Evoluzione recente (1980-2009) della riserva naturale Le Bine (CR-MN): sintesi dello stato delle conoscenze ecosistemiche

Introduzione

La Riserva naturale Le Bine (Acquanegra sul Chiese -MN- Calvatone -CR; lat. 45°08'16" Nord – long. 2°00'55" Ovest di Monte Mario; 24-26 m.s.l.m.), si estende per 96 ettari. Seguita dal 1973 dal WWF, rientra nel Parco Oglio Sud ed è riconosciuta come SIC (IT20A0004). La Riserva è stata istituita per proteggere un'ampia area golenale, periodicamente sommersa dal fiume Oglio, ove è inclusa una morta fluviale originatasi da un taglio artificiale di meandro realizzato alla fine del XVIII secolo. Strutturalmente, l'area si presenta come un mosaico di superfici naturaliformi (boscaglie igrofile, formazioni elofitiche e acquatiche) e zone coltivate.

Nel periodo in esame sono stati eseguiti studi sui principali aspetti ambientali, quali: idrobiologia, vegetazione, qualità biologica del suolo e pedologia, qualità dell'aria. Numerosi anche sono stati i contributi su gruppi tassonomici specifici, quali: flora, molluschi terrestri e dulciacquicoli, coleotteri idroadefagi, coleotteri carabidi, coleotteri scarabeidi, odonati, macrolepidotteri eteroceri e ropaloceri, tricotteri, ditteri culicidi, aracnidi araneidi, pesci, anfibi, rettili, uccelli e micromammiferi (per un sintesi degli studi si veda Agapito Ludovici *et al.*, 1987, Agapito Ludovici *et al.*, 1993, Agapito Ludovici e Cecere, 2003, Filetto *et al.*, 2010, www.lebine.it). Il presente contributo ha lo scopo di illustrare sinteticamente lo stato delle conoscenze ecosistemiche della Riserva naturale Le Bine, raccolte nel corso dell'ultimo trentennio (1980-2009), anche per evidenziare e cercare di interpretare alcuni cambiamenti

[1]WWF Italia ONLUS Via Orseolo, 12 - 20144 Milano; [2]Strada Bine, 1424 - 46011 Acquanegra sul Chiese (MN); [3]Università degli Studi di Parma – Dip. Scienze Ambientali Viale G. B. Usberti, 33/A - 43100 Parma (PR); [4]Via Rivalta 11 - 43037 Lesignano dè Bagni (PR); [5]Via Benedetta 5/1 - 43122 Parma (PR); [6]Via Dante, 28 - 26023 Farfengo di Grumello Cremonese (CR); [7]Via Pieve Gurata, 9 - 26042 Cingia de Botti (CR); [8]Via Simonini, 14 – 43056 Torrile (PR)

ecologici verificatisi in questo stesso periodo.

Inquadramento climatico

Il regime termico evidenzia un minimo nel mese di gennaio e un massimo estivo nel mese di luglio. Le precipitazioni mostrano invece un massimo principale in ottobre ed un massimo secondario a maggio. Un recente studio (Mariani e Parisi, 2010) condotto sul periodo 1951-2009, indica una temperatura media annua della riserva di 12,8°C e le precipitazioni totali medie annue di 829 mm. Un'analisi di discontinuità condotta sui medesimi dati, ha permesso l'individuazione di tre periodi stazionari: il primo (1951/1987) con temperatura media massima di 17,2°C, il secondo (1988/1996) con temperatura media massima di 17,9°C ed il terzo (1997-2009) con temperatura media massima di 19,0°C. La serie temporale delle precipitazioni è sostanzialmente divisibile in due parti: 1951/1979 e 1980/2009; la seconda con un valore pluviometrico medio di circa 60 mm inferiore alla prima. Tenendo conto delle discontinuità individuate nelle serie temporali annuali di temperatura minima, temperatura massima e precipitazione, si è proceduto anche ad un'analisi stagionale dei dati. Da questi ultimi emerge che per le temperature massime le stagioni che mostrano un incremento più sensibile nel periodo 1997-2009 rispetto al periodo base 1951-87 sono la primavera e l'estate, con aumenti nei valori medi rispettivamente di 2,31°C e 2,14°C, mentre in autunno ed inverno gli incrementi appaiono meno marcati. Per quanto concerne i valori delle temperature minime, ad eccezione di un calo durante gli anni '60, non si riscontrano variazioni significative.

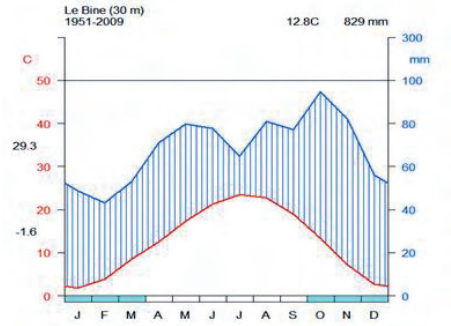


Fig. 1

Diagramma di Walter e Lieth: andamento mensile di temperatura media dell'aria (in rosso) e delle precipitazioni totali (in blu), in azzurro sono indicati i mesi nei quali sussiste il rischio di gelate. Il fatto che la linea delle precipitazioni non scenda mai al di sotto di quella delle temperature, indica l'assenza di un periodo di aridità accentuata

Aspetti idrologici

L'andamento delle portate medie mensili tra il 1980 – 2005, misurate a Capriolo, poco a sud di Sarnico, (fig.2) rientra nello stesso "range", del periodo 1933- 1950 (portate minime medie di circa 40 m^3/s nei mesi invernali e portate medie massime di circa 80 m^3/s durante l'estate), quello che sembra accentuarsi, soprattutto dal 1992 in poi, è l'aumentata variabilità degli eventi, sia a livello di portata media annuale, che di fluttuazioni medie mensili. Sebbene si tratti d'indicazioni generali, visto che i dati si riferiscono a un punto di rilevamento più a monte di Le Bine, sembra esservi una buona corrispondenza con gli eventi "eccezionali" direttamente registrati nell'area. Infine, dal 1981 in poi, si è osservato un progressivo fenomeno di "pensilizzazione" della golena, testimoniato dai diversi interventi a rinforzo dei basamenti del ponte sull'Oglio nei pressi di Le Bine, a causa dell'abbassamento dell'alveo. Questo fenomeno ha contribuito ulteriormente a modificare le relazioni idrologiche tra fiume e palude, accentuando soprattutto il drenaggio delle acque verso l'Oglio durante le magre estive.

Fig. 2
Portate medie annuali 1980 2005 rilevate a Sarnico (in uscita dall'Iseo)

Aspetti qualitativi del fiume Oglio, delle acque e dei sedimenti superficiali della lanca

La stima dei carichi transitanti nel fiume Oglio risulta problematica per la mancanza di un adeguato sistema di misurazione delle portate e della qualità chimico-fisica del fiume. Recentemente (Malavasi e Perlini, 2010) è stato evidenziato un aumento generalizzato per i principali parametri di qualità dall'incile del lago d'Iseo alla foce in Po. Gli incrementi maggiori sono stati misurati nel periodo estivo, a seguito della riduzione delle portate in alveo determinate, dall'uso irriguo della risorsa idrica. In tale periodo si è osservata una veloce crescita della concentrazione d'azoto totale (N tot), capace di raggiunge valori massimi nel settore centrale del tronco sublacuale superiori ai 7 mg l^{-1}, per poi diminuire nel tratto terminale (ove si colloca la riserva). Una quota pari al 70/80% del carico è mediamente costituita da NO_3^-; si ipotizza, perciò, un contributo decisivo al carico da parte delle attività agro-zootecniche. Sono stati individuati numerosi scarichi puntiformi che, sebbene caratterizzati da portate minime, sono in grado di riversare nel fiume acque con concentrazioni di nutrienti di alcuni ordini di grandezza superiori a quelli del corpo recettore. Indagini chimico-fisiche specifiche sono state condotte nel 2002-2003 e 2007-2008 all'interno della lanca de Le Bine per procedere ad una valutazione dello stato trofico delle acque e dei sedimenti superficiali. Nel complesso i dati chimico-fisici raccolti sono confrontabili con quelli disponibili per ambienti marginali in contesti a clima temperato-continentale, caratterizzati da uno spiccato andamento stagionale. La temperatura raggiunge massimi estivi (pari a 28,6 °C in agosto, 2002), e minimi invernali prossimi a 6 °C, con un valore medio annuale di 15,4±8,5 °C. La conducibilità mostra un valore medio di 529±95 µS cm^{-1}, tipico di ambienti eutrofici di pianura, mentre le concentrazioni dell'ossigeno disciolto oscillano tra valori di sovrassaturazione invernale e primaverile (fino a massimi di oltre 14 mg l^{-1}) e concentrazioni prossime all'anossia nel periodo estivo ($[O_2] \leq 3$ mg l^{-1}). I valori di pH sono sempre superiori alle 7 unità, con massimi superiori alle 8 unità, ad indicare intensi processi di metabolizzazione interna mediati dalle comunità dei produttori primari. Le concentrazioni di clorofilla fitoplanctonica sono comprese tra un minimo di pochi µg l^{-1} (5,8 µg l^{-1} di *Chl* a nel periodo estivo) e un massimo di 43,9 µg l^{-1} di *Chl* a in giugno, a indicare un controllo efficace dei bloom fitoplanctonici da parte delle piante superiori nelle fasi centrali dello sviluppo estivo. Quanto all'evoluzione delle forme inorganiche dell'N, nelle fasi primaverile ed estiva, le concentrazioni sono estremamente basse, nell'agosto del 2002 il nitrato raggiunge una concentrazione pari a 1,3 µM, mentre lo ione ammonio di 0,1 µM; nelle fasi autunnale e invernale, in presenza di una ricarica dei soluti da parte del fiume Oglio e della falda sub-superficiale, e di intensi processi

di rigenerazione da parte dei sedimenti superficiali, l'NO_3^- raggiunge un picco di 411,4 µM, mentre l'NH_4^+ si attesta su concentrazioni pari a 22,8 µM. Nel complesso il nitrato raggiunge concentrazioni di un ordine di grandezza superiore rispetto all'azoto ammoniacale. Le concentrazioni di fosforo reattivo solubile sono nel complesso contenute e comprese tra 0,2 e 2,5 µM. Tali risultati confermano una qualità delle acque che possiamo considerare nel complesso a elevata trofia (Bolpagni, 2006). I sedimenti superficiali sono stati caratterizzati nel 2002 (23 giugno); la densità è sempre maggiore di 1 (1,05±0,14 g ml^{-1}) mentre la porosità è sempre inferiore a 1 (0,97±0.01), ad indicare siti estremamente soffici a bassa granulometria. La sostanza organica presente nell'orizzonte 0-5 cm è pari a 30,0±8,5%, percentuale tipica di ambienti ad elevato contenuto di materiale organico. Le concentrazioni di P e N nelle acque interstiziali raggiungono, rispettivamente, i valori di 15,0±13,7 µM P e 440,0±224,2 µM N; sono concentrazioni tipiche di ambienti estremamente eutrofici con sedimenti in grado di rigenerare grandi quantità di nutrienti (Bolpagni, 2007).

L'ambiente

L'ambiente della Riserva naturale Le Bine ha subito notevoli cambiamenti nel trentennio in esame. In questo periodo la flora e la vegetazione di Le Bine sono state oggetto di studi e monitoraggi fin dal 1984, che hanno consentito di accertare la presenza di 35 unità sintassonomiche, raggruppate in 7 "tipologie ambientali primarie" e 19 "tipologie ambientali secondarie". La vegetazione palustre della riserva naturale è notevolmente cambiata nel periodo in esame. Gli specchi d'acqua, che hanno avuto un incremento in estensione a seguito degli interventi di rinaturazione, hanno subito un'evidente semplificazione nella loro struttura vegetazionale. Infatti, mentre nei primi anni di studio (1979-1986) erano state rilevate almeno 8 differenti unità sintassonomiche, a partire dall'inizio degli anni '90 alcune tipologie vegetazionali palustri sono andate scomparendo o si sono drasticamente ridotte: è il caso di *Trapanetum natantis*, *Typhetum angustifoliae*, *Oenanthae-Rorippetum* e *Hottonietum palustris*. Significativa è la scomparsa nel 1999, dopo un periodo di regresso iniziato intorno al 1995, di *Ceratophylletum demersi*, che rappresentava la più importante fitocenosi di macrofite acquatiche per biomassa e copertura presente nell'intera palude. Altrettanto importante è la riduzione del canneto (*Phragmitetum australis*), che caratterizzava strutturalmente la zona umida, passato da un'estensione di circa 8 ettari del 1986 agli attuali 2. I mutamenti riscontrati sono coincisi con l'ingresso o la maggior diffusione di diverse specie floristiche e faunistiche alloctone, che hanno ulteriormente contribuito a questi processi di mutamento. Attualmente i boschi presenti nella riserva, soprattutto quelli più igrofili, si presentano in pessimo stato di conservazione. Nei saliceti, ad esempio, non si osserva un'attiva rinnovazione da parte del salice e l'elevato grado di emerobia è specchio delle profonde alterazioni funzionali portate al sistema fluviale dell'Oglio (regime idrico, inquinamento diffuso e puntiforme...), da cui dipende la vitalità della riserva. In queste tipologie, inoltre, appaiono in aumento o comunque sono presenti le lianose alloctone *Humulus scandens* e *Sycios angulatus*. Infine, a partire dal 1994 gli impianti a pioppo sono stati progressivamente sostituiti dalla costituzione di nuove zone umide, da riforestazioni naturalistiche o, per la parte più consistente, da impianti di arboricoltura mista con latifoglie autoctone (fig. 3).

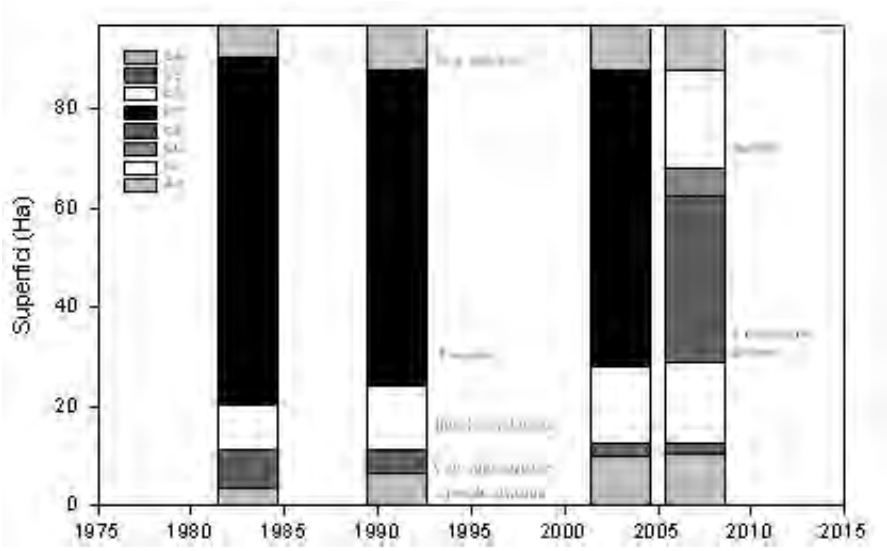


Fig. 3.

Evoluzione delle superfici occupate (in ettari) dalle diverse tipologie di uso del suolo. Legenda: SA = specchi d'acqua; VE = vegetazioni erbacee idro-igrofile; BA = boschi e arbusteti; PP = Pioppeti artificiali; CA = coltivazioni arboreee miste; IN = incolti; AR = ambienti ruderali

La fauna

Molluschi terrestri e d'acqua dolce - La prima indagine sui molluschi della Riserva Le Bine (1986), ha consentito di identificare 42 specie, 26 delle quali strettamente d'acqua dolce e 16 terrestri. Nel 2002, a fronte di 12 nuovi ritrovamenti, 4 d'acqua dolce e 8 terrestri, tra cui l'invasiva e alloctona *Arion rufus*, si è però registrata la perdita di 4 specie acquadulcicole, *Aplexa hypnorum*, *Physa fontinalis*, *Sphaerium corneum* e *Musculium lacustre*. Infine, tra il 2006 e il 2009, altre indagini hanno permesso di rilevare la presenza di 52 specie, 23 delle quali d'acqua dolce e 29 terrestri; è ancora l'ambiente acquatico a registrare la situazione più critica con la perdita di 6 specie, tra cui *Galba truncatula, Anodonta anatina* e *Pisidium conventus*, e l'ingresso di una nuova alloctona invasiva, *Anodonta woodiana woodiana*. Inoltre, è stata accertata l'introduzione involontaria di *Trichia plebeja*, e l'arrivo, probabilmente a seguito dell'alluvione del 2000/2001, di *Macrogastra attenuata*, che lentamente si sta diffondendo seguendo le fasce boscate della riserva.

Coleotteri idroadefagi - Il primo studio accertò la presenza di una ricca e ben diversificata comunità con 41 specie su 124 conosciute per la Lombardia, individuando in Le Bine un sito di particolare importanza per la biodiversità degli *Hydradephaga* in Italia settentrionale. In particolare, si segnalava la presenza di un *pool* di specie rare e a distribuzione molto limitata in Italia, con un'alta densità di individui. A partire dai rilievi del 1999 è stato registrato un drammatico declino, sia nel numero di specie che nel numero di individui per ogni campionamento. Nel 2003 sono state ritrovate solo 15 specie, con densità di individui molto basse, ad eccezione di poche specie comuni ed euriecie, che risultavano di gran lunga dominanti. Purtroppo tra le specie scomparse dalla Riserva vi sono proprio quelle più rare censite negli anni '80. Le possibili cause di questo impoverimento sono probabilmente molteplici e certamente riferibili alla riduzione della vegetazione palustre. Gli habitat disponibili si sono ridotti, rendendo le popolazioni di

Hydradephaga alquanto vulnerabili. Inoltre, l'impatto negativo di specie aliene, come *Procambarus clarkii* (come accertato per la vicina riserva naturale di Marcaria), potrebbe avere contribuito in modo determinante alla criticità della situazione dei coleotteri idroadefagi.

Coleotteri Carabidi - A Le Bine per questo gruppo, studiato dal 1996, è stata accertata la presenza di 129 specie, un numero che non è variato molto (126) nel corso dei monitoraggi, se non per le campagne condotte con metodi e tempi diversi. I maggiori livelli di ricchezza di specie si riscontrano, soprattutto, in condizioni di profonda trasformazione o lungo i confini tra habitat diversi. In particolare è emerso quanto possono essere ineguali zone umide apparentemente simili, ma in stadi evolutivi differenti o anche solo collocate in zone diverse rispetto all'asta fluviale. Si è visto, inoltre, come una differente modalità di gestione selvicolturale, anche se da poco intrapresa ed applicata, possa influenzare piuttosto profondamente la carabidofauna locale. Dagli ultimi studi sulle carabidocenosi, sembra emergere una semplificazione delle stesse con una maggiore monotonia e una minore strutturazione, visto l'enorme "divario" quantitativo tra le specie dominanti e le subdominanti. È importante considerare che, comunque, il numero delle specie è complessivamente aumentato, anche se i nuovi taxa sono presenti con piccole popolazioni e il più delle volte anche con un solo individuo. Questo potrebbe portare a concludere che i nuovi interventi hanno ingrandito o anche creato nuove nicchie ecologiche che sono in via di colonizzazione; al momento si sta quindi assistendo ad una fase di transizione che potrebbe durare ancora a lungo.

Odonati - Questo gruppo è stato studiato dal 1990 ed è stato possibile accertare la presenza di 33 specie. Le variazioni osservate nella comunità di odonati possono essere imputabili alla presenza di specie esotiche invasive, all'aumento delle temperature, ai cambiamenti delle fitocenosi registrati e alla naturale successione ecologica. La modificazione delle fitocenosi, osservata nell'ultimo ventennio, in particolare la scomparsa di *Ceratophyllum demersum*, è da ritenersi una delle cause principali della riduzione di *Coenagrion puella*, in quanto questa specie risulta legata alla presenza di idrofite. Altro aspetto che sembra aver influito sulle popolazioni di odonati, è la realizzazione di interventi di rinaturazione nel 2001 e 2002, attraverso la formazione di un nuovo stagno che ha creato ambienti di transizione, colonizzati da specie pioniere, quali *Ischnura pumilio*, *Libellula depressa*, *Orthetrum brunneum* e *Sympetrum striolatum* (2003). Il successivo sviluppo della vegetazione ha favorito la presenza di *Sympetrum depressiusculum*, come riscontrato nel 2009, sfavorendo le specie citate precedentemente, che hanno subito una riduzione o sono scomparse; l'interramento della pozza presente nel bosco ripariale nella porzione meridionale della lanca può aver causato la scomparsa di *Aeshna cyanea* dalla Riserva; infine, la riduzione di fragmiteto può aver esercitato un'azione negativa su *Brachytron pratense*, *Aeshna affinis*, *Aeshna mixta*, *Aeshna isosceles*.

Lepidotteri - Questo gruppo studiato dal 1998 è presente a Le Bine con 206 specie di Eteroceri e 35 di Ropaloceri. Fra questi ultimi è stata accertata la presenza di *Lycaena dispar*, specie compresa nell'allegato II della Dir. Habitat. Rispetto agli Eteroceri nel primo biennio di ricerche nella stazione posizionata nel canneto sono state censite 119 specie, mentre nella stazione situata presso una delle aree oggetto di intervento di rinaturazione, le specie censite sono state 130. Nel secondo biennio di campionamento sono state censite 146 specie nella prima stazione e di queste ben 16 sono risultate nuove per la Riserva. La secon-

da stazione ha registrato il censimento di 166 specie con 18 taxa mai reperiti precedentemente. Alcuni trappolaggi random hanno permesso di evidenziare la presenza di altre 5 specie nuove per la riserva per cui, complessivamente, dalle ricerche effettuate tra il 1998 e il 2001 e quelle eseguite tra il 2006-2008 l'incremento è stato di 39 specie. Nella lanca la situazione delle specie più comuni è rimasta abbastanza costante nei due bienni di campionamento; è stata riscontrata una cospicua presenza di *Phragmataecia castaneae*, un cosside legato a *Phragmites.* Rimarchevole anche il ritrovamento di numerosi esemplari di *Thumata senex*, un raro arzide tipico degli ambienti umidi, mai reperito nel territorio della riserva. Dai campionamenti nell'area dell'impianto di ingresso sono state censite diverse specie di nottuidi legate ai boschi misti di latifoglie mai state osservate a Le Bine quali *Paracolax tristalis*, *Cosmia affinis*, *C. tapezina*, *Xanthia gilvago* e *X. ocellaris*. Questi cambiamenti vanno, con ogni probabilità, messi in relazione con la progressiva sostituzione dei pioppeti estensivi con impianti di arboricoltura mista, con la riforestazione naturalistica e l'eliminazione dei trattamenti antiparassitari. Fra le specie che venivano ritrovate in passato con una certa continuità e che non sono state reperite nei campionamenti effettuati tra il 2006 e il 2008 meritano una citazione *Gastropacha populifolia,* un lasiocampide che evolve a spese dei pioppi e *Senta flammea*, un nottuide legato a *Phragmites*. La "perdita" della prima può essere messa in relazione all'eliminazione delle vaste aree un tempo occupate dal pioppeto industriale, mentre la seconda può avere sofferto più di altre la forte contrazione del canneto, dovuta ad un complesso di cause tuttora in fase di indagine.

Pesci - L'ittiofauna non è stata oggetto di indagini specifiche, ma sono state raccolte numerose osservazioni che hanno consentito di definirne una *check-list*. Nel 1986 erano state segnalate 14 specie, 5 delle quali alloctone, mentre a distanza di 22 anni, nel 2008, sono risultate presenti almeno 17 specie di pesci: 9 di queste alloctone e 4 non più rinvenute. Il numero di specie non è necessariamente diminuito (le 14 specie del 1986 erano certamente in difetto), ma se ne sono perse alcune legate ad habitat particolari. Infatti, la drastica riduzione di biomassa macrofitica ha causato la riduzione o scomparsa di specie fiticole, quali la tinca (*Tinca tinca*) o il luccio (*Esox lucius*), una volta ben presenti nelle acque della palude. Si sono peraltro diffuse, anche grazie all'enorme "serbatoio" costituito dall'Oglio, numerose specie alloctone ubiquitarie e generaliste, come carassio (*Carassius carassius*), siluro (*Silurus glanis*), pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*), cobite di stagno (*Misgurnus fossilis*).

Anfibi e rettili - Nel periodo in esame sono state segnalate 7 specie di anfibi e 8 di rettili. Per il primo gruppo si sottolinea l'arrivo del rospo smeraldino (*Bufo viridis*), segnalato per la prima volta nel 2002 e i sempre più rari rinvenimenti dei due tritoni (*Triturus carnifex e Lissotriton vulgaris*). Dal 1983 vengono svolti monitoraggi sulla popolazione di Rana di Lataste (*Rana latastei*), specie rara, inserita negli allegati della Dir. Habitat. Tra 1988 e il 1991 si è registrata una preoccupante flessione, dopodiché la popolazione è ritornata a valori paragonabili a quelli della prima metà degli anni '80. Dal 1995 sono iniziati monitoraggi anche al canto, che permettono di seguire con una certa attendibilità gli andamenti della popolazione. Per i rettili non è stata più confermata la presenza di Colubro liscio (*Coronella austriaca*) osservata solo una volta nel 1979. Per gli altri ofidi, biscia dal collare (*Natrix natrix*) e biacco(*Hierophis viridiflavus*) risultano comuni per i loro rispettivi habitat, mentre più rari sono biscia tessellata (*Natrix tessellata*) e vipera (*Vipera aspis*), quest'ultima osservata per

la prima volta nel 1997. Dal 1999 si è insediata una popolazione di testuggine dalle orecchie rosse (*Trachemys scripta*), probabilmente a causa di infelici rilasci da parte della popolazione locale.

Uccelli - La riserva è stata oggetto di diverse indagini ornitologiche fin dal 1987 con particolar riferimento all'avifauna nidificante. Un recente lavoro (Cecere e Ravara, 2008) sui nidificanti nel periodo 1987-2007 ha evidenziato la diminuzione del numero di specie dominanti (dalle 7 del 1995 alle 2 del 2009). Delle 12 specie presenti nel 1995, 5 non sono state più rilevate nel 2009. L'Indice di Sørensen, utilizzato per confrontare le comunità di nidificanti nei vari anni, mostra una costante diminuzione "in senso orizzontale": le comunità negli anni non subiscono notevoli variazioni, ma si notano leggere variazioni annuali nelle composizioni dell'ornitofauna. La riduzione del canneto potrebbe spiegare l'irregolare nidificazione di numerose specie, quali Tuffetto (*Tachybaptus ruficollis*), Tarabusino (*Ixobrychus minutus*), Airone rosso (*Ardea purpurea*), Falco di palude (*Circus aeroginosus*), Cannareccione (*Acrocephalus arundinaceus*). Mentre i cambiamenti nell'uso del suolo potrebbero aver favorito Canapino comune (*Hippolais poliglotta*), Cannaiola verdognola (*Acrocephalus palustris*) e Sterpazzola (*Sylvia communis*). Nel periodo di indagine si è assistito ad una semplificazione e banalizzazione della comunità ornitica, in particolare di quella legata alla zona umida. Dalle 15 specie nidificanti presenti nel 1987, si è passati alle circa 12 tra il 1991 e il 1995, poi a 11 tra il 2003 e il 2006, fino alle 9 del 2009. Tra gli acrocefali si osservano tre diverse tendenze: la sostanziale stabilità della Cannaiola, l'andamento fluttuante del Cannareccione e il recente progresso della Cannaiola verdognola, meno vincolata al canneto. In linea con la letteratura l'incremento della garzaia di Airone cenerino, a partire dal primo nido del 1995. L'aumento degli specchi d'acqua, per ora, sembra non aver influito molto sulle potenzialità di questi ambienti per i nidificanti; una possibile spiegazione è data dal fatto che tale incremento, nel periodo di studio, non è stato accompagnato da un analogo aumento nella vegetazione propria di questi habitat. Invece la comunità ornitica legata alla parte agricola e "forestale" sembra maggiormente diversificata, o meglio, registra l'ingresso di nuove specie come Picchio verde (*Picus viridis*), Sterpazzola (*Sylvia communis*), Canapino (*Hippolais poliglotta*) di un certo interesse su scala locale.

Mammiferi - Gli studi su questo gruppo sono stati condotti in particolare sui micromammiferi, con campagne di trappolaggio e studi sulle borre di rapaci notturni, e hanno permesso di rilevare un'alta ricchezza di specie rispetto ad altri in ambito padano. Nella riserva sono state censite in totale 19 specie di micromammiferi, fra queste *Sorex araneus*, *Crocidura suaveolens*, *Crocidura leucodon*, *Microtus savii* e *Apodemus sylvaticus* sono state ritrovate con elevata frequenza. Inoltre sono presenti in riserva altre 10 specie di mammiferi tra cui il Tasso (*Meles meles*), la Donnola (*Mustela nivalis*), la Faina (*Martes foina*) e la Volpe (*Vulpes volpe*). Un discorso a parte merita la Nutria (*Myocastor coypus*), specie esotica presente nell'area dai primi anni '90 e oggetto di una campagna di trappolamento nel 1996 e 1997. Tale attività ha portato alla repentina e netta riduzione della popolazione presente. La mancanza di un efficace piano di controllo su tutto il bacino ha consentito il ristabilirsi della popolazione di questo roditore alloctono. Nel 2009 sono state rinvenute due nuove specie di Chirotteri: *Plecotus austriacus* e *Myotis nattereri*.

Discussione e conclusioni

Le indagini e i monitoraggi ambientali svolti nei trent'anni in esame hanno messo in evidenza una situazione ambientale piuttosto complessa e articolata. Sembra di poter affermare che, il periodo intorno alla fine degli anni '80 e metà degli anni '90, abbia rappresentato una "svolta" rispetto alle tipiche e/o attese dinamiche evolutive di una zona umida perifluviale.

L'analisi del clima ha evidenziato alcune significative discontinuità; inoltre, dall'analisi più in dettaglio emerge, che per le temperature massime, le stagioni che mostrano un incremento più sensibile del periodo 1997-2009 rispetto al periodo base 1951-87 sono la primavera e l'estate. Una possibile conferma di questi andamenti sembra venire dalle indagini sugli odonati, per cui una specie a corologia mediterranea, come *Anax parthenope*, non rilevata fino al 2002, sta avendo il sopravvento sulla congenere *Anax imperator* a corologia euroasiatica. Anche il regime idrologico dell'Oglio sembra aver subito alcune significative modificazioni, soprattutto per quanto riguarda le portate medie annuali, il cui andamento si discosta, a partire dal 1991, dal decennio precedente mostrando una tendenza alla riduzione della portata accompagnata da una marcata variabilità. All'interno di questa variabilità si sono registrati picchi relativi alle portate medie mensili nel periodo autunnale, alternati a periodi di valori critici delle portate primaverili - estive. È, inoltre, necessario considerare che, a contribuire ai mutamenti delle relazioni idrologiche tra golena e fiume, si è assistito ad una progressiva "pensilizzazione" a causa dell'abbassamento dell'alveo del fiume in corrispondenza di Le Bine. Tale fenomeno favorisce il drenaggio delle acque della palude verso il fiume e ha certamente contribuito, ad esempio, alla totale asciutta del "canale" centrale della palude nell'estate del 2007. La graduale disconnessione funzionale con il fiume Oglio ha indebolito i naturali processi evolutivi dei contesti marginali, consentendo la progressiva sostituzione delle comunità tipiche degli ambienti di lanca (vegetazioni idro-igrofile a dominanza di rizofite e pleustofite infra-acquatiche ed elofite, ad es. T*rapa natans*, *Nymphoides peltata* e *Ceratophyllum demersum*) con formazioni destrutturate, tendenzialmente monofitiche, e fisionomicamente caratterizzate da un significativo contributo di specie alloctone e/o ruderali (specificatamente *Sicyos angulatus*, *Vitis riparia*, *Rubus spp.*, ecc.). La conseguente trasformazione strutturale degli habitat ha determinato impatti non trascurabili sulla componente animale in termini di disponibilità di siti idonei alla nutrizione, allo sviluppo e alla riproduzione. Le variazioni osservate a carico dei differenti taxa indagati possono essere, infatti, in via provvisoria imputate alla profonda manomissione delle tipologie di copertura vegetale all'interno della Riserva. È il caso della scomparsa di 8 specie di molluschi d'acqua, di 16 specie coleotteri idroadefagi o della libellula *Coenagrion puella*, legata alla presenza di idrofite acquatiche, come pure per la perdita di alcune specie ittiche fitofile quali Tinca e Luccio. Inoltre, la stabilizzazione *in loco* di specie animali esotiche ha incentivato i processi degenerativi instaurando processi retroattivi negativi che hanno portato ad una sostanziale banalizzazione degli ambienti naturali. Si sono, infatti, diffuse numerose specie ittiche alloctone, ubiquitarie e generaliste, come carassio (*Carassius carassius*), siluro (*Silurus glanis*), pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*), cobite di stagno (*Misgurnus fossilis*); ma occorre tener presente che spesso la presenza di più specie aliene provoca effetti molti-

plicatori che peggiorano ulteriormente la situazione: l'azione concatenata di più specie alloctone differenti, ad esempio come i gamberi della Luisiana (*Procambarus clarkii*), che tendono a sminuzzare il materiale organico, i carassi (*Carassius carassius*), che ricercano il cibo rimescolando il fondo degli stagni, le nutrie (*Myocastor coypus*), che si nutrono di vegetazione acquatica e le testuggini dalle orecchie rosse (*Trachemys scripta*) che si cibano di invertebrati, può amplificare l'impatto sull'intero ecosistema acquatico. Infine, gli eventi alluvionali, che spesso provocano l'ingresso di specie esotiche, nel 2000/2001 hanno favorito l'ingresso del mollusco clausilidae *Macrogastra attenuata* proveniente da zone pedemontane del bacino.

Fin dai primi anni '80, le ridotte estensioni dei boschi e il loro pessimo stato di conservazione erano emersi come fattori di elevata criticità, vista anche l'importanza che queste fasce boscate igrofile relitte hanno. Infatti, rientrano nelle "foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)", considerate a "minaccia alta" dalla Dir. Habitat. Tra l'altro questi ambienti rappresentano un habitat caratteristico della rana di Lataste (*Rana latastei*), endemismo padano, che tra il 1989 e il 1992 aveva fatto registrare un preoccupante declino della popolazione. L'estensione di queste fasce boscate spontanee è rimasta pressoché invariata, ma dal 1989, è stata promossa una progressiva riforestazione dell'area protetta con specie arboree e arbustive autoctone. Parallelamente è stata intrapresa un'azione per ridurre l'impatto delle cure colturali dei pioppeti artificiali avviando, dal 2002, la loro graduale sostituzione con impianti di arboricoltura mista. Il miglioramento della qualità biologica del suolo, calcolata attraverso uno specifico indice (QBS), ha messo in evidenza come le cure colturali a minor impatto adottate abbiamo avuto successo. Inoltre, le modifiche negli ambienti "forestali" hanno consentito l'ingresso di nuove specie di lepidotteri ropaloceri, legate ai boschi misti di latifoglie, e l'aumento dell'abbondanza delle popolazioni presenti a Le Bine. Anche un altro gruppo di insetti, quali i carabidi, ha velocemente risentito delle differenti modificazioni colturali. Di contro, con la sostituzione dei pioppeti artificiali si è avuta la scomparsa di *Gastropacha populifolia*, un lasiocampide che si sviluppa a spese dei pioppi. Alcuni uccelli, tipicamente legati agli ambienti forestali, si sono insediati in questi ultimi anni e tra questi il Picchio verde (*Picus viridis*) e la Ghiandaia (*Garrulus glandarius*). Un altro effetto, non necessariamente desiderato, conseguente alle riforestazioni, è la presenza del mollusco gasteropode *Trichia plebeja*, molto probabilmente introdotto con i vasi di terra delle piante messe a dimora, provenienti da un vivaio pedemontano. Il cambiamento dell'uso del suolo con la costituzione e mantenimento di spazi aperti potrebbe aver favorito specie quali Canapino comune (*Hyppolais polyglotta*), Sterpazzola (*Sylvia communis*) e l'Averla piccola (*Lanius collurio*).

Nei trent'anni presi in esame nel presente lavoro sono stati realizzati numerosi interventi di gestione e conservazione volti alla tutela dei valori naturalistici identificati nel primo Piano di gestione. Tali interventi, hanno potuto incidere su alcuni aspetti locali senza peraltro contrastare in alcun modo con le dinamiche ad ampia scala che necessiterebbero di azioni almeno a livello di bacino idrografico.

L'esigenza di tutela della zona umida di Le Bine è nata sulla necessità di salvaguardare alcuni valori di conservazione che sono attualmente cambiati. Nel Piano di gestione pubblicato nel 1993 sono stati definiti i seguenti obiettivi specifici in relazione all'allora situazione

dell'area protetta: "Garantire la conservazione dell'ambiente naturale palustre con particolare riguardo: alle tipologie vegetazionali caratteristiche descritte nell'attuale piano; alla protezione della popolazione della Rana di Lataste (*Rana latastei, Boulenger*) presente nella riserva; alla nidificazione e alla sosta dell'avifauna acquatica; alle comunità macroinvertebrate presenti". Appare evidente, in relazione a quanto emerso dal presente lavoro, come il cambiamento della situazione abbia fatto perdere alcuni degli aspetti peculiari che erano stati valorizzati nell'impegno di conservazione con l'istituzione della riserva. In particolare, le tipologie vegetazionali sono profondamente cambiate, soprattutto quelle idro-igrofile, e tra queste si è mantenuta, anche se in critico stato di conservazione, solo quella ascrivibile alle "foreste alluvionali di Alnus glutinosa e Fraxinus excelsior (*Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae*)" per la direttiva "Habitat" (92/43 CEE). La popolazione di Rana di Lataste rappresenta ancora un valore importante mantenendo una popolazione vitale, la comunità macroinvertebrata d'acqua dolce è praticamente collassata, mentre l'avifauna nidificante ha subito una profonda modificazione con un "bilancio" tra le scomparse e i nuovi arrivi sostanzialmente negativo (Cecere e Ravara, 2008). Peraltro, si sono aggiunti alcuni habitat d'interesse comunitario prima assenti: nel 1990 è stata rilevata e si è progressivamente diffusa, tra la vegetazione a idrofite emergenti, la *fitocenon a Cyperus michelianus* (=Aggruppamento a *Cyperus strigosus*) uno degli habitat inclusi nella Dir. Habitat presenti in Italia.
Ovviamente, fino a quando non si riuscirà ad intervenire ad ampia scala, non sarà possibile garantire un'efficace opera di conservazione della biodiversità, intesa nel senso più ampio del suo significato (specie, habitat).

In ogni caso risulta fondamentale, anche dal presente contributo, l'importanza del monitoraggio ambientale per verificare i processi ecologici in atto, le conseguenze delle trasformazioni territoriali e l'efficacia delle azioni di conservazione intraprese. In un contesto naturalisticamente molto povero quale quello padano, Le Bine, assume un ruolo importante sia come caso di studio, dove da molti anni si indagano e monitorano diversi aspetti scientifici, sia come area residua per la tutela e la conservazione della natura, da utilizzare, come nodo di un auspicabile riqualificazione del basso corso del fiume Oglio.

Ringraziamenti

Gli studi sono stati condotti grazie a contributi del WWF Italia, Parco Oglio Sud, Fondazione Lombardia per l'Ambiente. La parte climatica è stata redatta da Luigi Mariani e Simone Parisi che ringraziamo di cuore. Grazie anche a Marco Mancini per alcuni suggerimenti sui pesci.

Bibliografia

Agapito Ludovici A., Marchetti F., Seghetti C. (1987) - *Le Bine. Studi e ricerche (1980-1986).* WWF Lombardia, Quad. 4/87., Milano: 1-128.

Agapito Ludovici A., Cecere F. (2003) - *La conservazione di una zona umida. La riserva naturale Le Bine. Trent'anni di gestione (1972-2002).* Parco regionale Oglio Sud, I quaderni del Parco. N. 3, Calvatone: 1-120.

Bolpagni R., Longhi D., Bartoli M. (2007) – *Relazioni tra macrofite e stato trofico in ambienti umidi perifluviali della pianura padana centrale*. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol., 83: 145-150.

Cecere F., Ravara S. (2008) – *Variazione della comunità ornitica nidificante nella Riserva naturale Le Bine (Mantova-Cremona)*. Alula, 14: 9-37.

Filetto P.V., Bolpagni R., Gualmini M., Tomaselli M., Agapito Ludovici A., Cecere F. (2010) – *Piano della Riserva naturale Le Bine* (in prep.).

Malavasi D., Perlini S., (eds.) (2010) – *Strategie di riqualificazione ambientale del fiume Oglio sublacuale*: 1- 261.

Mariani L., Parisi S. (2010) – *Analisi climatica dell'Oasi WWF Le Bine nel periodo 1951-2009*: 1-6.

Aldo Marchetto

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per lo Studio degli Ecosistemi

Stato ecologico e condizioni di riferimento dei laghi italiani: problemi aperti per l'area mediterranea

La Direttiva 2000/60, nota come "Direttiva Quadro sulle Acque", rappresenta una precisa scelta strategica del Parlamento Europeo e della Commissione Europea, che riconoscono l'importanza degli ambienti acquatici per la società e l'economia europee.
La Direttiva si pone come obiettivo la buona qualità ecologica di tutti i corpi idrici europei, superficiali, sotterranei e costieri, attraverso un uso sostenibile delle acque basato su una gestione integrata dei bacini imbriferi, coinvolgendo cittadini e *stakeholders* nella definizione ed attuazione delle politiche ambientali.

Un'importante novità della Direttiva è rappresentata dalla definizione della qualità del corpo idrico, che non è più riferita soltanto alle qualità chimiche e fisiche dell'acqua, ma alla sua qualità ecologica, definita attraverso i cosiddetti "Elementi di Qualità Biologica" (EQB).

Per i laghi, gli EQB indicati dall'Allegato 5 della Direttiva sono i pesci, le alghe microscopiche sospese (fitoplancton), le piante galleggianti, sommerse ed emergenti (macrofite) e gli invertebrati viventi sul fondo (macrozoobenthos).

Un secondo punto di grande importanza è costituito dalla definizione degli obiettivi ambientali (lo stato di "buona qualità ecologica") non in termini teorici rispetto ad una definizione astratta della qualità, ma attraverso il confronto tra la situazione attuale e quella cosiddetta "di riferimento", cioè quello che si avrebbe in quello stesso corpo idrico in assenza di disturbo umano.

Un corpo idrico in buona qualità avrà quindi condizioni fisiche e chimiche tali da permettere lo sviluppo delle comunità biologiche, e queste ultime si troveranno in condizioni tali da rappresentare una leggera deviazione rispetto alle condizioni di riferimento.

Quest'ultima frase contiene le principali difficoltà pratiche incontrate nell'implementazione della Direttiva, e cioè:

- costruire indici numerici che definiscano un "valore di qualità" a partire dalle caratteristiche dei popolamenti animali o vegetali (composizione in specie, biomassa, struttura, ecc.);
- definire le condizioni di riferimento;
- stabilire una soglia per le "leggere deviazioni".

La condizione di riferimento è un concetto semplice dal punto di vista teorico, ma di non facile applicazione pratica. Sono stati proposti diversi metodi per identificare le condizioni di riferimento: il più semplice consiste nel raggruppare i corpi idrici in tipi ed individuare per ogni tipo un certo numero di corpi idrici privi di disturbi umani, che rappresentino le condizioni di riferimento per quel tipo. La difficoltà in ambito mediterraneo consiste proprio nel definire categorie omogenee e nel trovare un numero sufficiente di siti di riferimento.

Altri metodi alternativi consistono nell'uso di dati storici, quando disponibili, o di tecniche paleolimnologiche che permettono di ricostruire la storia passata di un lago a partire dai resti di organismi accumulati nei sedimenti di fondo. Inoltre è possibile valutare le condizioni di riferimento anche attraverso appositi modelli o attraverso il giudizio esperto.

La Direttiva suggerisce di superare le difficoltà nella definizione delle condizioni di riferimento e dei limiti di classe attraverso un cosiddetto "esercizio di intercalibrazione" in cui i differenti Stati membri dell'Unione Europea confrontano le loro metodiche di valutazione della qualità ecologica e definiscono di comune accordo le condizioni di riferimento e i limiti delle classi di qualità.

L'esercizio di intercalibrazione è iniziato nel 2003 e ha subito messo in evidenza che molti Stati membri non disponevano di metodi ufficiali per la valutazione della qualità ecologica dei corpi idrici, e quindi il processo di intercalibrazione si è trasformato in un processo di messa a punto di metodi condivisi tra Paesi confinanti, all'interno dei cosiddetti "gruppi geografici di intercalibrazione" (GIG).

Per quanto riguarda i laghi, il territorio italiano è incluso in due GIG: quello alpino e quello mediterraneo.

Nel caso del GIG alpino, l'intercalibrazione si è svolta con successo per quanto riguarda il fitoplancton e le macrofite, mentre è ancora in corso per i macroinvertebrati e i pesci. In questo GIG il lavoro è stato facilitato dalla disponibilità di una grande quantità di dati di monitoraggio di ottima qualità (832 anni di dati disponibili in 196 laghi diversi) e 28 ambienti di riferimento praticamente privi di influenza umana diretta. Inoltre gli ambienti presenti nei diversi Paesi del GIG sono molto simili tra loro, e questo ha permesso di definire una tipologia comune.

Nel GIG mediterraneo, invece, la situazione è completamente diversa. In questa area, infatti, i laghi naturali sono molto pochi, e i principali corpi idrici sono invasi costruiti per raccogliere acqua da utilizzare a fine irriguo e/o potabile. Esistono anche corpi idrici naturali, come il lago Trasimeno e i laghi vulcanici dell'Italia centrale, ma essi hanno caratteristiche tali che non esistono altri ambienti simili negli altri Paesi europei dell'area mediterranea. L'unico ambiente in qualche modo simile al lago Trasimeno è infatti il lago Balaton (ampio e poco profondo), ma esso si trova in una fascia climatica differente, più umida e meno calda, dove non vi sono problemi di eccessiva evaporazione e aumento di salinità della acque. Per quanto riguarda i laghi vulcanici, ve

ne sono in Europa centrale e sulle isole Azzorre, ma non negli altri Paesi mediterranei. I laghi vulcanici delle Azzorre inoltre sono tutti poco profondi (meno di 15 metri), mentre quelli italiani sono molto profondi (fino a 170 m).

Tolti questi casi molto particolari, nell'intero GIG mediterraneo resta un numero di laghi significativi (cioè con superficie maggiore di 0,5 km^2) troppo modesto per un trattamento statistico dei dati e per la ricerca di un numero sufficiente di siti di riferimento.

Per questo motivo il GIG mediterraneo ha svolto l'intercalibrazione basandosi esclusivamente sugli invasi ed utilizzando indici costruiti per gli invasi. In questo modo è stato possibile trovare un numero sufficiente di ambienti, anche se non si è potuto ovviare alla scarsità di siti di riferimento.

I problemi ancora aperti per i laghi mediterranei sono quindi diversi:

- verificare la validità nei laghi naturali mediterranei degli indici utilizzati per gli invasi mediterranei o per i laghi naturali alpini;
- verificare l'effetto della variabilità meteoclimatica interannuale sulle classificazioni di qualità;
- individuare idonei siti di riferimento e definire di conseguenza i limiti di classe.

Infatti, nella Decisione della Commissione Europea del 30 ottobre 2008 che riporta i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione, l'unico valore che riguarda i laghi mediterranei italiani è il valore degli indici relativi al fitoplancton per invasi profondi, di grandi dimensioni e giacenti in un bacino imbrifero di natura calcarea.

L'attività di definizione dei metodi e dei limiti di classe è ancora in corso, con un secondo turno di intercalibrazione che terminerà nel 2011, ma che non ha dato modo di individuare un gruppo omogeneo di laghi naturali mediterranei condiviso tra diversi Stati membri.

Nel frattempo in Italia la Direttiva quadro è stata parzialmente recepita con diversi strumenti legislativi:

- il Decreto Legislativo 152/99 che ha anticipato parte dei contenuti della Direttiva Quadro sulle Acque, in particolare per quanto riguarda la definizione dei bacini idrografici;
- il Decreto Legislativo 152/06 che recepisce formalmente la Direttiva;
- il Decreto Ministeriale 131/08 che introduce i criteri per suddividere i corpi idrici in tipi omogenei che presumibilmente condividono le stesse condizioni di riferimento;
- il Decreto Ministeriale 56/09 che definisce gli obblighi di monitoraggio;
- il Decreto Ministeriale 260/10 che definisce i metodo di classificazione e i limiti delle classi di qualità.

Inoltre l'Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (ISPRA), in collaborazione con le Agenzie regionali e provinciali per l'ambiente e con i principali Enti di ricerca pubblici nazionali (Consiglio Nazionale delle Ricerche, ENEA, Istituto Superiore di Sanità) ha definito le metodiche di monitoraggio e pubblicato appositi manuali.

Alessandro Ludovisi, Manuela Rebora,
Enzo Goretti, Francesca Scoccia,
Silvana Piersanti, Elda Gaino

Università degli Studi di Perugia
Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale,
Sezione di Biologia Animale ed Ecologia

L'ecosistema del Trasimeno tra passato e futuro

Numerosi ecosistemi lacustri poco profondi stanno evidenziando, negli ultimi decenni, cambiamenti direttamente o indirettamente riconducibili alle modificazioni climatiche in atto su scala globale. Il presente contributo illustra i risultati dell'analisi di serie storiche di alcune variabili meteo-climatiche e di qualità dell'acqua, acquisite nell'ultimo cinquantennio nel bacino del lago Trasimeno. L'analisi mostra il significativo aumento, in termini medi annuali, delle temperature massime e minime dell'aria (circa+1°C), della temperatura superficiale dell'acqua (circa+1°C) e dell'irraggiamento solare (circa+2%) e una significativa riduzione della piovosità (circa-100 mm), prevalentemente realizzatisi nell'ultimo ventennio. L'esame dei dati su scala mensile indica che le variazioni più significative hanno interessato specifici periodi dell'anno, con conseguente modificazione della progressione stagionale. Le conseguenti alterazioni dei bilanci termico e idrico hanno causato una graduale riduzione del livello idrometrico e l'abbattimento del ricambio idrico. In tale contingenza, si è registrato il progressivo accumulo di soluti (3.500 tonn/anno), solo parzialmente imputabile all'apporto meteorico, unitamente ad una significativa diminuzione della trasparenza delle acque, anche in assenza di cambiamenti apprezzabili nello stato trofico lacustre. La riduzione della trasparenza è piuttosto riconducibile all'incremento della frazione inorganica di solidi sospesi erosa dal sedimento superficiale, in accordo con le previsioni di modelli di risospensione/deposizione in acque poco profonde. In aggiunta, l'analisi dei dati evidenzia un aumento dell'alcalinità, coerente con quanto atteso in seguito alla modificazione del bilancio ionico lacustre. Per quanto riguarda la componente biologica, l'analisi stratigrafica di carote di sedimento ha permesso di evidenziare un forte declino dei popolamenti spongini, particolarmente accentuato nella prima metà del ventesimo secolo, significativamente relazionata con la riduzione del livello idrometrico. Nel complesso, le infor-

mazioni ricavate evidenziano l'importanza dell'analisi dei dati storici e degli archivi sedimentari a fini previsionali e gestionali del lago Trasimeno, nello scenario dei cambiamenti climatici in atto.

Introduzione

I sistemi acquatici poco profondi sono diffusi in gran parte delle regioni eco-climatiche terrestri. Essi rappresentano spesso *hot spot* regionali di biodiversità e sono oggetto di politiche di conservazione. I cambiamenti climatici possono produrre significativi impatti su questi ecosistemi, poiché il loro regime termico, idrologico e idrochimico è estremamente sensibile alle variazioni meteo-climatiche. Numerosi ecosistemi *shallow-waters* stanno evidenziando, negli ultimi decenni, problemi riconducibili ai cambiamenti climatici, con particolare riferimento a fenomeni di disseccamento, riscaldamento, salinizzazione e deterioramento della qualità dell'acqua (Bates *et al.* 2008), spesso amplificati da pratiche di sfruttamento della risorsa idrica e da inquinamento chimico. L'impatto del disseccamento è particolarmente severo in Africa centrale (Lago Chad e Lago Tonga – UNEP, 2006), Europa sud-orientale (Lago Balaton e Lago Velence - Wantzen *et al.* 2008) e Australia sud-orientale (Lago George - Beeton *et al.* 2006), dove il rischio di siccità è ritenuto i più elevato a livello planetario (Bates *et al.* 2008).

Gli effetti del disseccamento sulla qualità dell'acqua sono attesi amplificarsi rapidamente al raggiungimento di condizioni evaporative (apporti da bacino inferiori alle perdite evapo-traspirative), che inducono riduzioni di livello e accumulo di sali e nutrienti. In sistemi lacustri poco profondi, la riduzione del livello idrico è generalmente accompagnata dall'incremento della torbidità dell'acqua (Scheffer, 1998), dalla riduzione dei livelli di ossigeno disciolto, dall'innalzamento del rischio di fioriture di alghe verdi e azzurre tossiche e, conseguentemente, dello stress sulla fauna acquatica (Colley, 2004). Il progressivo disseccamento produce gli impatti più severi sulla fauna e sulla flora bentonica dell'ampia fascia litoranea che spesso caratterizza sistemi acquatici poco profondi, come è stato evidenziato per specie di molluschi (Balogh *et al.*, 2008) e macrofite acquatiche (Furey *et al.*, 2006). Una recente analisi di carote sedimentarie del lago Trasimeno (Gaino *et al.*, 2009) ha, in particolare, messo in evidenza il declino della popolazione di spugne e la significativa correlazione dell'abbondanza dei resti spongini con i livelli idrometrici lacustri.

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 (Dragoni, 2004; Gambini, 1995). La ristrutturazione dell'emissario artificiale di S.Savino, completata alla fine del 19° secolo, ha innescato un progressivo abbassamento dei livelli idrometrici lacustri, cui contribuirono successivi abbassamenti della soglia di sfioro, fino alla drammatica crisi degli anni '50 (fig.1). L'ampliamento del bacino effettuato in quegli anni permise un rapido recupero, ma il "problema Trasimeno", al momento consistente in una fase di bassi livelli idrometrici, 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 (Dragoni *et al.*, 2003).

Il presente lavoro illustra i risultati dell'analisi di serie meteorologiche e

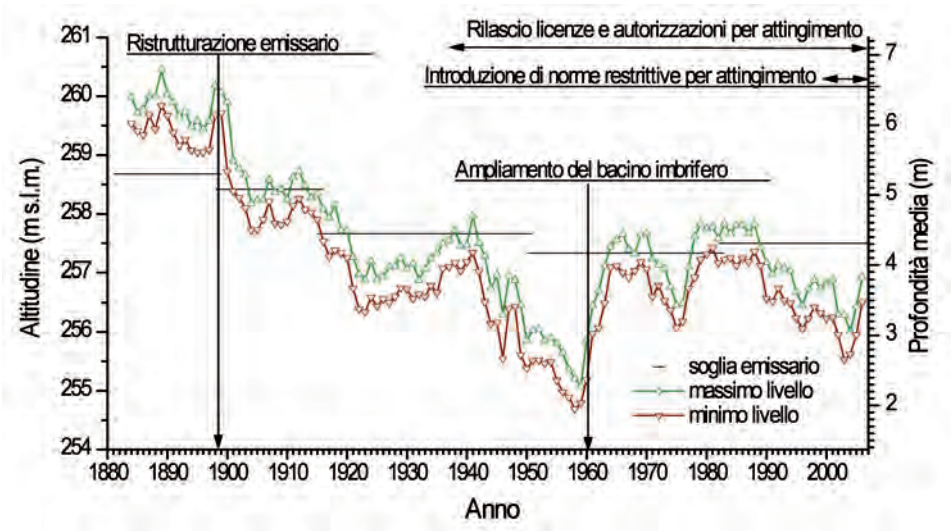


Fig. 1

Andamento dei livelli minimi e massimi annuali nel lago Trasimeno e principali interventi di regimentazione idraulica dal 1884 al 2006 (da Gambini 2000, modificato)

idrochimiche rilevate nell'ultimo cinquantennio in prossimità della Stazione di Idrobiologia G.B. Grassi dell'Università degli Studi di Perugia, localizzata a Monte del Lago. Lo studio è stato effettuato nell'ambito del progetto M.I.C.E.N.A. (Modello Integrato per l'Evoluzione degli Ecosistemi Naturali e Agricoli in relazione ai cambiamenti climatici nell'area mediterranea), sostenuto da finanziamento F.I.S.R..

Materiali e metodi

Le serie storiche meteorologiche sono state estratte dagli Annali Idrologici pubblicati dal Serivizio Idrografico del Ministreo dei Lavori Pubblici che riportano i valori giornalieri di temperatura dell'aria (min-max) e delle precipitazioni alla Stazione di Monte del Lago. Le serie storiche sono state validate e completate previa omogeneizzazione (test di Craddock) con le serie rilevate nelle stazioni termo-pluviometriche di S.Savino, Castiglione del Lago e Perugia, nonché con i dati del Sistema S.I.G.L.A..

La serie storica di temperatura superficiale dell'acqua è stata ricostruita omogeneizzando tre serie storiche, rilevate di fronte al pontile di Monte del Lago, estratte dai registri compilati dai tecnici dell'Istituto di Idrobiologia:

- serie 1: giugno 1965- febbraio 1990: Dati giornalieri rilevati alle ore 9:00;
- serie 2: febbraio 1988 – maggio 1993: Dati settimanali misurati alle ore 11:00;
- serie 3: giugno 1992 – agosto 2006: Dati giornalieri misurati alle ore 11:00.

I dati storici di qualità dell'acqua relativi ad anni precedenti il 1990 sono stati estratti da varie pubblicazioni (Moretti 1958; Mannelli e Mancini 1962; Tiberi *et al.* 1971, 1973; Di Giovanni *et al.* 1974; Trevisan 1978; Taticchi e Tiberi 1980; Tiberi 1980, 1985; Gianotti *et al.* 1982; Mearelli 1985; Franconi *et al.* 1987; Mantilacci *et al.*1990; Mearelli *et al.* 1990), riportanti i dati raccolti in campagne di campionamento di durata annuale a cadenza prevalentemente mensile, in

stazioni localizzate di fronte al pontile di Monte del Lago. I dati di qualità dell'acqua posteriori al 1989 sono stati estratti dal database Arpa Umbria relativo al Programma per il controllo dell'eutrofizzazione, con riferimento alla stazione "Albaia", localizzata a circa 1 km a Nord rispetto alla Stazione di Idrobiologia. La ricostruzione delle serie storiche è stata limitata alle variabili ambientali per le quali fossero disponibili serie significative rilevate con metodologie analitiche comparabili. Dal database allestito sono stati estratti valori massimi e minimi annuali e calcolati valori medi annuali a partire da valori medi stagionali, a condizione che fossero rappresentati almeno 2 valori per stagione.

Risultati

Precipitazioni - Nel corso dell'ultimo cinquantennio, le precipitazioni annuali mostrano (fig. 2a) una spiccata variabilità interannuale (da 345 a 1.100 mm/anno negli anni 1989 e 1984 rispettivamente) intorno ad un valore medio di 716 mm/anno. È importante notare che quest'ultimo valore è prossimo ai valori di "pioggia critica" (788 mm/anno per il periodo 1951-58 e 706 mm/anno per il periodo successivo), che rappresenta l'entità delle precipitazioni necessario per bilanciare le perdite dal bacino (Dragoni, 1982). Come si può notare comparando fig. 1 e fig. 2a, i periodi con precipitazioni inferiori alla "pioggia critica" determinano l'immediata riduzione del livello idrometrico. La tendenziale riduzione di piovosità manifestata nell'ultimo trentennio (fig. 2a) appare accompagnata da una modificazione del regime pluviometrico stagionale, che vede le piogge invernali e primaverili (con l'eccezione di aprile) significativamente ridotte, come evidenziato dall'applicazione del test *t* di Student su tre consecutivi blocchi storici (Fig 2a').

Temperatura dell'aria - Gli andamenti delle temperature massime e minime dell'aria (fig. 2b) evidenziano un incremento tendenziale a partire dall'inizio degli anni '80, che globalmente ammonta a 1,6 e 1,2°C. Come già evidenziato per le precipitazioni, le variazioni in termini medi annui non sono conseguenza di variazioni omogeneamente distribuite a livello stagionale: dal confronto degli andamenti per blocchi storici (fig. 2b') si evidenzia che le variazioni significative ($p<0,05$) si sono realizzate a carico dei mesi primaverili-estivi, con particolare riferimento al mese di Giugno, sia per la temperatura massima che per la temperatura minima. Dall'analisi delle serie storiche di temperatura raccolte presso le centralina S.I.G.L.A. Polvese, si è stimato un incremento medio della temperatura dell'acqua di 0,6°C nel periodo 1989-2006, corrispondente ad un incremento di 0,33°C per decade.

Temperatura superficiale dell'acqua - Analogamente alla temperatura dell'aria, la temperatura superficiale dell'acqua del lago Trasimeno alle ore 11:00 (fig. 2c), mostra una tendenza significativa all'incremento a partire dagli anni '80, che globalmente ammonta a circa 1,6°C (0,65°C per decade). Dal confronto per blocchi storici (Fig 2c') emerge che gli incrementi significativi ($p<0,05$) si sono registrati nei mesi di maggio, giugno e agosto.

Qualità dell'acqua - Le variazioni più evidenti a carico della qualità dell'acqua del lago Trasimeno appaiono relazionate con la concentrazione di sali, come risulta evidente dall'andamento della conducibilità e della concentrazione di cloruri (fig. 3). Tali parametri hanno toccato valori minimi nel 1969 e durante gli anni '80, periodi in cui il livello idrometrico ha superato la soglia di

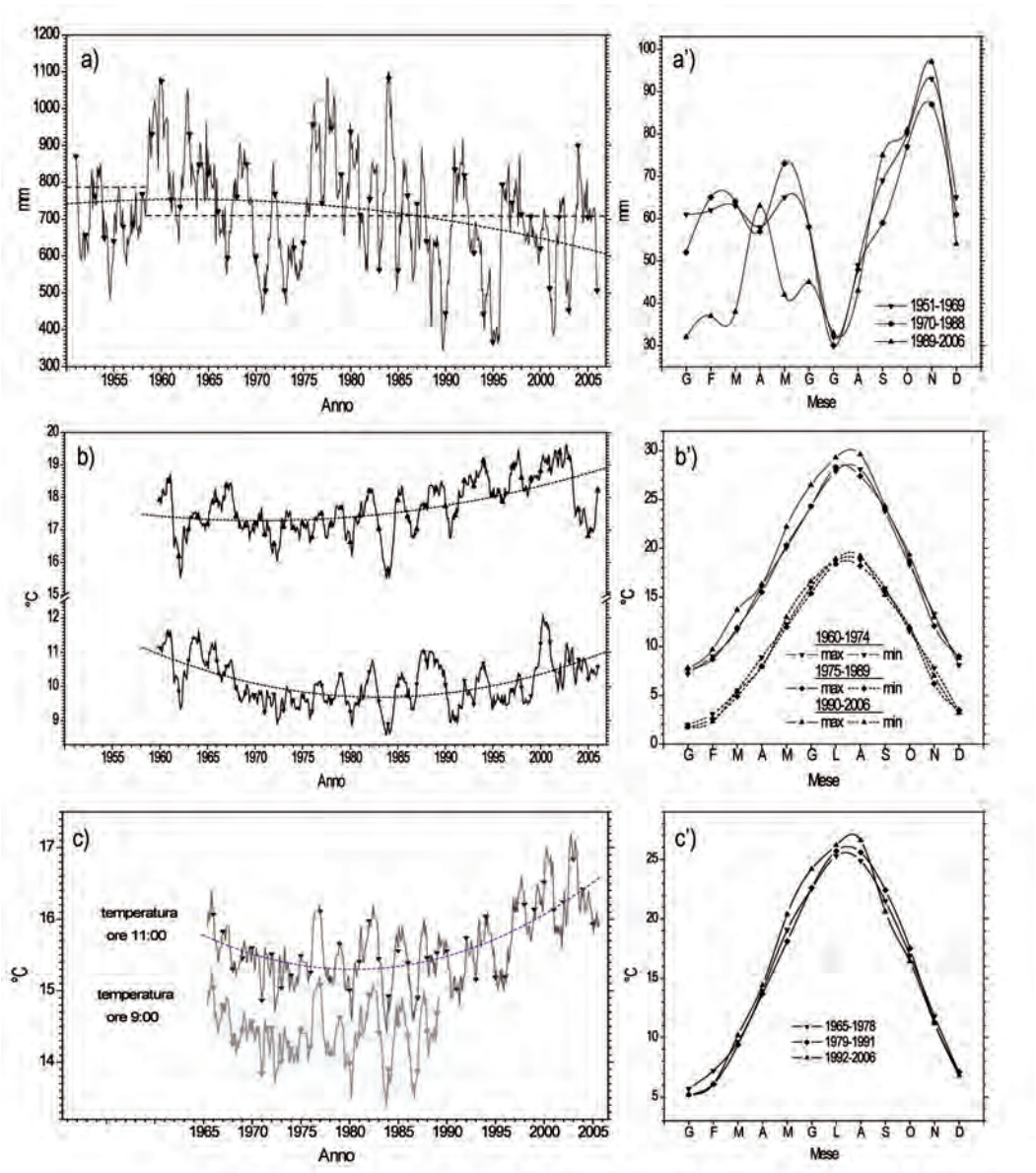


Fig. 2

Andamento delle variabili termo-pluviometriche registrate nella stazione meteorologica di Monte del Lago nell'ultimo cinquantennio: a) Precipitazioni, b) temperature massime e minime dell'aria; c) temperatura superficiale dell'acqua. A destra, andamento stagionale delle variabili termo-pluviometriche in tre blocchi storici, che evidenziano le modificazioni nella progressione stagionale

sfioro (vedi fig.1), e valori massimi negli anni 2004-05, in coincidenza con la recente crisi idrica. L'analisi dei dati mostra che, oltre al naturale effetto di concentrazione, un accumulo di sali dell'ordine di 3.500±600 tonn/anno si realizza nelle acque del lago, per effetto degli apporti meteorici e da bacino (Ludovisi e Gaino, 2010). L'accumulo differenziale di cationi ed anioni è responsabile dello spostamento della composizione ionica verso acque sodico-clorurate e dell'aumento dell'alcalinità totale osservato (fig. 3) nell'ultimo quarantennio (Ludovisi e Gaino, 2010). L'aumento dell'alcalinità totale, e quindi della capacità tampone delle acque, può essere a sua volta ritenuto uno dei fattori responsabili della riduzione della variabilità stagionale del pH delle acque lacustri nell'ultimo quarantennio, rintracciabile nell'andamento temporale dei valori massimi e minimi annuali (fig. 3).

Tra i parametri relazionati con lo stato trofico (trasparenza, fosforo totale, fosforo disciolto, ossigeno disciolto, pH), la trasparenza, misurata come Disco di Secchi, mostra le fluttuazioni più significative durante l'ultimo cinquantennio (fig. 3 - notare che solo i valori minimi di trasparenza sono disponibili nell'ultimo trentennio, a causa del protocollo adottato da Arpa Umbria). Valori molto bassi di trasparenza sono stati registrati nei periodi 1958-60, 1973-75 e 1989-2006, periodi caratterizzati da bassi livelli idrometrici. Tali variazioni non sembrano essere riconducibili a variazioni di stato trofico: nell'arco del cinquantennio, la concentrazione di fosforo totale non mostra significative variazioni, con valori medi annuali prossimi a 0,035 mg/l, valore di soglia tra le classi eutrofia e mesotrofia, secondo la classificazione OECD (Vollenweider & Kerekes, 1982). Analoga classificazione si ottiene in base ai valori di clorofilla "a" registrati negli ultimi venti anni, che mostrano medie annue oscillanti tra i 2,3 e i 14,4 µg/l. Con l'eccezione di pochi casi, la concentrazione di fosforo solubile (fig. 3) non ha superato la soglia di rilevabilità analitica (1 µg/l), verosimilmente a causa del controllo esercitato da processi di precipitazione/adsorbimento su substrato argilloso (Giovanardi *et al.*, 1995; Ludovisi e Gaino, 2010). Le oscillazioni di trasparenza dell'acqua sono piuttosto da ricondurre alla risospensione di sedimento superficiale, la cui abbondanza è relazionata all'intensità del vento e alla profondità della colonna d'acqua (Ludovisi e Gaino, 2010). Applicando modelli di risospensione basati sulla teoria delle onde, è possibile stimare come la frazione della superficie lacustre interessata da risospensione dei sedimenti sia passata dal 10% all'inizio del XX secolo, quando la profondità media del lago era dell'ordine dei 7 m, a valori dell'ordine del 95% nel periodo di massima crisi idrica lacustre del 1958-59.

Conclusioni

I risultati dello studio mostrano che le principali variazioni nella qualità dell'acqua del lago Trasimeno dell'ultimo cinquantennio sono riconducibili alle modificazioni meteo-climatiche in atto. Gli aspetti più critici sono certamente da ricondurre alla tendenziale riduzione delle precipitazioni sul bacino e all'incremento di temperatura, il cui effetto congiunto determina l'approssimarsi di condizioni evaporative. Considerando valide le proiezioni IPCC per l'area mediterranea (IPCC, 2007), che prevedono un aumento di 3.5°C per la temperatura dell'aria e una riduzione del 12% per le precipitazioni (previsioni mediate su 21 modelli per uno scenario A1B) nel corso del periodo 1990-2090,

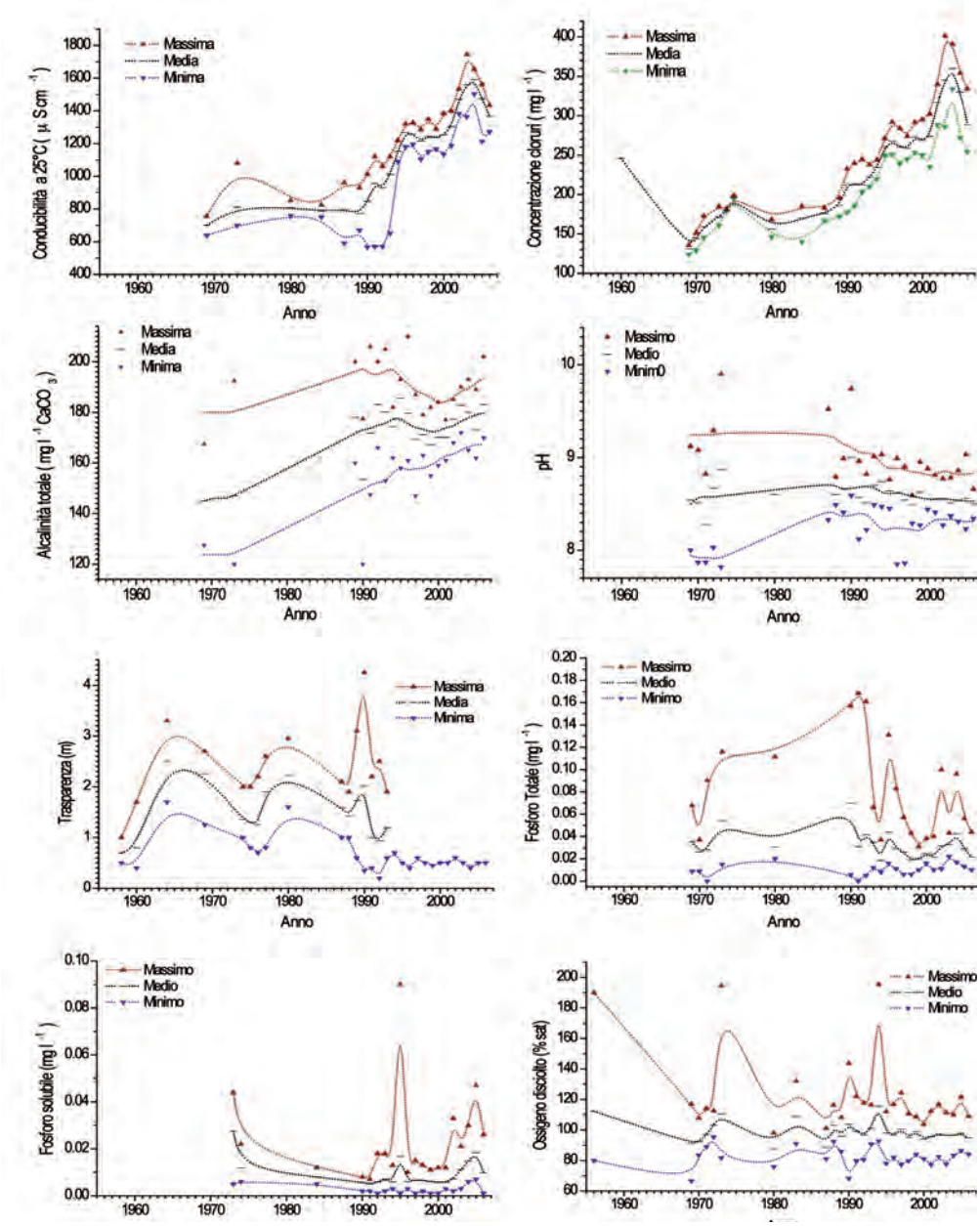


Fig. 3

Valori massimi, minimi e medi annuali di alcune delle variabili di qualità dell'acqua registrate nello strato superficiale dell'acqua nell'area prospiciente a Monte del Lago, nel corso dell'ultimo cinquantennio

è possibile prevedere, in seguito all'applicazione di modelli di bilancio idrico (Ludovisi e Poletti, 2003), che le condizioni evaporative possano essere raggiunte entro il secolo in corso. Oltre agli effetti immediati sui livelli lacustri, il raggiungimento di tali condizioni determinerebbe profonde modificazioni sull'ecosistema lacustre, con particolare riferimento alla trasparenza delle acque e alla salinità. Quest'ultimo aspetto va tenuto in grande considerazione, dal momento che un valore di salinità del 5‰ rappresenta la soglia di transizione a sistema salino, al raggiungimento della quale è attesa una progressiva sostituzione delle specie acquatiche attuali con specie adattate ad ambienti salini. In questa prospettiva, il recente completamento delle opere di adduzione idrica, a scopo irriguo, dall'invaso di Montedoglio può costituire un potente strumento di salvaguardia dell'ecosistema lacustre, in quanto, oltre a consentire lo sgravio di una voce di uscita non trascurabile nel bilancio idrico (Morozzi *et al.* 1998), rappresenta una potenziale fonte di approvvigionamento diretto, utile a fronteggiare eventuali emergenze idrologiche ed ecologiche. È tuttavia del tutto evidente che l'adduzione di acque esogene nel bacino, soprattutto nel caso di immissione diretta, necessita di accurate valutazioni di impatto, principalmente in relazione al potenziale inquinamento chimico e biologico che tali interventi possono comportare in un ecosistema di elevato valore naturalistico come il lago Trasimeno.

Bibliografia

Balogh C., I.B. Muskó, L.G. Tóth & L. Nagy, (2008) - *Quantitative trends of zebra mussels in Lake Balaton (Hungary) in 2003-2005 at different water levels*. Hydrobiologia 613: 57-69.

Bates B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu & J.P. Palutikof (2008) - *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva: 210 pp.

Beeton R.J.S., K. Buckley, G.J. Jones, D. Morgan, R.E. Reichelt & D. Trewin (2006) - *Australia State of the Environment 2006,* Independent Report to the Australian State of the Environment Committee. Canberra. Website: http://www.environment.gov.au/soe/2006/publications/ index.html.

Colley J (2004) - *Drought Preparedness Council Biennium Report 2003–2004*. Governor's Division of Emergency Management, Austin, Texas.

Di Giovanni M.V., F.S. Gianotti, L. Mantilacci & O. Tiberi (1974) - *Prime informazioni su nutrienti N, P e produttività del lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol. 13: 281-360.

Dragoni W., C. Evangelisti, L. Gnucci & D. Valigi, (2003) - *Impact of climatic changes on hydrological systems: the case of lake Trasimeno* (Central Italy). Geophys. Res. Abstr. 5, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.

Dragoni W (1982) - *Idrogeologia del lago Trasimeno: sintesi, problemi, aggiornamenti*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 5: 192-206.

Dragoni W (2004) - *Il Lago Trasimeno e le variazioni climatiche*. Provincia di Perugia: 60 pp (in Italian with English translation).

Franconi U., M. Mossone, F. Blasi, A. Burchia & W. Galinari (1987) - *Indagini chimiche e chimico-fisiche delle acque del Lago Trasimeno. Atti del Convegno: La tutela dell'ambiente lacuale del Lago Trasimeno. Perugia, 8-9 marzo 1985*. Provincia di Perugia: 61-91.

Furey P.C., R.N. Nordin & A. Mazumder (2006) - *Littoral benthic macroinvertebrates under contrasting drawdown in a reservoir and a natural lake*. J. N. Am. Benthol. Soc. 25: 19–31.

Gaino E., A. Ludovisi, M. Rebora, S. Piersanti, F. Scoccia & P. Fiore (2009) - *Le spicole spongine in archive sedimentary come proxy di cambiamenti climatic-ambientali nel lago Trasimeno (Umbria)*. In: T. Sediari & R. Riccini (Eds), Atti Convegno "La ricerca italiana sui cambiamenti climatici", Deruta, 13-14 Novembre 2008, Ali&no Editrice: 24-25.

Gambini E. (2000) - *I villaggi sommersi del lago Trasimeno*. Quaderni del Museo della Pesca 5. Edizioni Era Nova, Perugia: 117 pp.

Gambini E. (1995) - *Le oscillazioni di livello del Lago Trasimeno*. Quaderni del Museo della Pesca 2, Edizioni Era Nova, Perugia: 139 pp.

Gianotti F.S., L. Mantilacci, M. Mearelli & O. Tiberi, (1982) - *Physionomie Physique et chimique du Lac Trasimène pendant la période 1969-79.* Guide-Itineraire de l'Excursion Interna-

tionale de Phytosociologie en Itale Centrale (2-11 julliet 1982). Università degli Studi di Camerino: 444-469.

Giovanardi F., A. Poletti & A. Micheli (1995) - *Indagini sulla qualità delle acque del Lago Trasimeno* – Definizione dei livelli trofici. Acqua-Aria 6: 627-633.

IPCC (2007) - *Climate Change 2007: The Physical Science Basis.* Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 996 pp.

Ludovisi A. & A. Poletti (2003) - *Use of thermodynamic indices as ecological indicators of the development state of lake ecosystems: 1. Entropy production indices.* Ecol. Model. 159: 203-222.

Ludovisi A. & Gaino E. (2010) - *Meteorological and water quality changes in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) during the last fifty years*. J. Limnol. 69: 174-188.

Mannelli G. & P. Mancini. (1962) - *Forme di inquinamento delle acque del lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol. 2: 113-126.

Mantilacci L., M. Mearelli, G. Giovinazzo & M. Lorenzoni (1990) *Accrescimento e alimentazione del latterino (Atherina boyeri Risso) del Lago Trasimeno.* Riv. Idrobiol. 29: 309-327.

Mearelli M., 1985. *La pesca nel Lago Trasimeno: note ambientali e produttive del venticinquennio 1956-80*. Umbria Economica 3: 65-85.

Mearelli M., M. Lorenzoni & L. Mantilacci (1990) - *Il Lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol. 29: 353-389.

Moretti G.P. (1958) - *Il Lago Trasimeno (tre anni di studi idrobiologici) – Termica e chimismo del sistema: ossigeno-durezza-pH nelle acque del L. Trasimeno (marzo 1956- marzo 1957)*. Quaderni della Sezione Perugina della Società Italiana di Biologia Sperimentale 21: 33-58.

Morozzi G., A. Poletti, M. Giombini, A. Ludovisi & L. Poletti (1998) - *Redazione di uno studio inteso alla individuazione di conoscenze, disequilibri ed azioni nel bacino del lago Trasimeno*. CESAR – Centro per lo sviluppo agricolo e rurale studio per Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

Scheffer M. (1998) *Ecology of shallow lakes*. Chapman & Hall, London: 357 pp.

Taticchi M.I. & O. Tiberi (1980) - *Fauna macrobentonica e fattori fisici e chimici in prossimità dello sbocco di una piccola fogna nel Lago Trasimeno.* Riv. Idrobiol. 19: 469-493.

Tiberi O. (1980) *Fluoruri e cloruri nel Lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol. 19: 37-60.

Tiberi O. (1985) - *Lago Trasimeno. Confronto tra le condizioni fisiche e chimiche evidenziate in due periodi: 1969-70 e 1980-81.* S.It.E. Atti 5: 97-98.

Tiberi O., M.I. Taticchi-Vigani & M.V. Di Giovanni (1971) - *Ragguagli sulle condizioni fisiche, chimiche, planctologiche del Lago Trasimeno (febbraio 1969 - febbraio 1970)*. Riv. Idrobiol. 10: 39-233.

Tiberi O., M.N. Lollini, S. Monarca, A. Savino, G. Scassellati-Sforzolini, E. Aisa, P. Gattaponi, U. Franconi, F. Morini, M. Mossone & G. Losito (1973) - *Risultati di tre anni e mezzo di indagini sullo stato di inquinamento del Lago Trasimeno*. Atti del Convegno: Iniziative per la difesa dell'ambiente in Umbria. Perugia, 29 Ottobre 1972. Regione dell'Umbria: 145-178.

Trevisan R. (1978) - *Fluttuazione stagionale della densità e della biomassa fitoplanctonica del Lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol. 16: 297-329.

UNEP (2006) - *Africa's Lakes: Atlas of Our Changing Environment.* United Nations Environment Programme report. Website: http://www.unep.org/themes/Freshwater/Publications/index.asp.

Vollenweider R. & J. Kerekes (1982) - *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control.* Tech. Rep. OECD. OECD, Paris.

Wantzen K.M., K.O. Rothhaupt, M. Mörti, M. Cantonati, L.G. Tóth & P. Fisher (2008) - *Ecological effects of water-level fluctuations in lakes: an urgent issue*. Hydrobiologia 613: 1-4.

Tommaso Moramarco

IRPI-CNR Perugia

Introduzione alla sessione "Problematiche del territorio"

Consentitemi di presentarmi. Sono un ricercatore dell'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Ne approfitto per ringraziare il Dott. Martinelli e il Dott. Marchetti per avermi invitato a presiedere la sessione "Gestione del Territorio delle Acque e dei Sedimenti" che vorrei introdurre brevemente.

Nella mia attività di ricerca mi occupo di previsione delle piene e mitigazione del rischio idraulico. La tematica è di piena attualità, visto quello che sta accadendo, e che state osservando in questi giorni nel bacino del Tevere, dove molti territori sono interessati da esondazioni; eventi particolari che ci stanno coinvolgendo tutti, anche emotivamente. Nell'ambito, invece, di quello che è l'argomento di questa sessione riguardante il lago Trasimeno, ritengo che questo sistema, da un punto di vista idrometeorologico, sia ben monitorato. Siamo una delle regioni che, grazie anche ai funzionari e ai tecnici regionali, è in grado di fornire dati abbastanza accurati sia sulle precipitazioni, sia sui livelli dei corsi d'acqua naturali e quindi di conoscere in maniera abbastanza soddisfacente quelli che sono gli apporti, in generale in tutti i bacini, e, in particolare, di quelli che affluiscono nel lago Trasimeno. Tali bacini sono ben monitorati, e devo dire che, come Istituto di ricerca, siamo coinvolti nella definizione dei volumi da un punto di vista quantitativo, non qualitativo. Un altro elemento di controllo idrologico molto importante è la disponibilità di informazioni relative alle condizioni di imbibizione dei bacini afferenti al lago Trasimeno stesso. Questo viene effettuato attraverso un monitoraggio del contenuto d'acqua dei suoli sia in maniera puntuale che in remoto, anche attraverso sensori satellitari.

Accanto all'aspetto idrometeorologico, c'è anche un discorso di monitoraggio ambientale. L'Arpa da questo punto di vista effettua periodicamente campionamenti di qualità che se non supportati anche da analisi quantitative, potrebbero essere, in alcuni casi, poco

proficui per l'analisi concernente la tutela delle acque del lago Trasimeno.

Un altro elemento importante che viene "monitorato" sempre da Arpa, è l'evoluzione delle aree fertirrigate del comune di Castiglione del Lago, che potrebbero avere un impatto sulla tutela del sistema lago. Questa *slide* mostra l'evoluzione nei vari anni fino al 2005 (fig.1).

E' evidente, quindi, che il lago Trasimeno è un grande sistema di interesse scientifico, territoriale e turistico. Si hanno informazioni utili per qualsiasi analisi indirizzata alla tutela di questo importante sistema e, sinceramente, spero che questa sessione approfondirà queste problematiche, magari individuando anche delle strategie di intervento per la tutela del lago stesso.

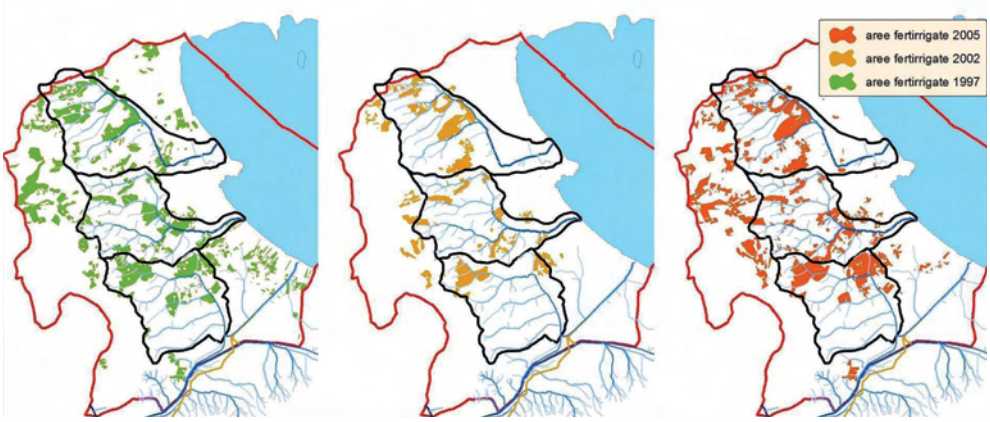


Fig. 1
Evoluzione delle aree fertirrigate nel comune di Castiglione del Lago - Periodo 1997 al 2005 (Arpa Umbria)

Raoul Segatori

Regione Umbria

Strategie di gestione delle aree protette della Direttiva Habitat

Un sincero ringraziamento agli organizzatori per questa opportunità. È mia intenzione non entrare specificamente nei temi precipui del Trasimeno, peraltro abbondantemente dibattuti in questi giorni, ma approfittare dell'occasione per parlare delle strategie messe in atto dalla Regione in tema di biodiversità, argomento intimamente connesso alle problematiche ambientali che affliggono l'ambito lacuale.

Come molti di voi sanno, il 2010, su proposta dell'ONU, è l'anno internazionale della biodiversità e, come altrettanto noto, queste celebrazioni sono servite solo a scongiurarne o esorcizzarne il declino inarrestabile.

Nel settembre scorso, dopo circa tre lustri, il Ministero dell'Ambiente ha varato, in accordo con le Regioni, la strategia nazionale per la biodiversità nel contesto della quale è emerso, tra l'altro, il valore dei servizi ecosistemici, l'importanza delle reti ecologiche e della costruzione di un Osservatorio nazionale per la biodiversità, quale espressione delle realtà regionali. Temi fondamentali, che purtroppo rischiano di essere vanificati dalla assoluta assenza di risorse finanziarie a disposizione del Dicastero e da trasferire alle Regioni.

Questo dato è confermato dal fatto che il budget destinato ai Parchi nazionali, già di per sé molto esiguo, è stato recentemente dimezzato, al punto tale da mettere a rischio sia la presenza dei pochi addetti che operano all'interno delle aree naturali protette, sia dei progetti in itinere, e tutto ciò nonostante i Parchi nazionali vedano un flusso annuo di circa 95 milioni di turisti.

Se il panorama nazionale appare così fosco, a livello regionale, nonostante le note difficoltà, possiamo affermare che si opera in controtendenza. La seconda metà del decennio che si sta concludendo, ha visto la Regione Umbria impegnata fortemente nell'applicazione concreta della Direttiva Habitat e ciò si è tradotto nel riordino delle procedure legate alla valutazione di incidenza, nella redazione e adozione dei Piani di Gestione dei 105 siti Natura 2000 umbri, nel

progetto di Rete Ecologica Regionale (RERU) e sicuramente non ultimo, in ordine d'importanza, nel varo dell'Osservatorio regionale per il monitoraggio della biodiversità, il paesaggio rurale e la progettazione sostenibile.

I Piani di Gestione dei siti Natura 2000 sono stati adottati dalla Giunta regionale con atto n. 161/2010, e poi trasmessi al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) che, dopo una complessa istruttoria, li ha inviati alla Commissione europea per le verifiche di rito.

L'esame operato dal MATTM è stato oneroso in termini di tempo e molto approfondito in quanto sono state sottoposte a verifica, per ogni sito, sia le nuove proposte di perimetro che le relative banche dati riferite ad habitat e *check list* di specie. Alla Regione resta pertanto in carico la competenza specifica della definizione delle misure di conservazione. In Umbria, la decisione di sottoporre a progetto di piano tutti i siti Natura 2000 presenti in ambito regionale, se da un lato ha comportato un percorso complesso, sia in termini di tempo che di lavoro, dall'altro ha significato un aggiornamento complessivo dell'intero comparto biodiversità con ricadute virtuose in termini di tutela, di attenzione nelle procedure valutative (VIA VAS VincA) e di impiego razionale di risorse derivanti dai fondi comunitari POR FESR e PSR FEASR.

Come noto i progetti di Piano, finanziati con i fondi Docup 2000-2006, sono stati redatti a cura delle Comunità Montane, con l'ausilio di figure scientifiche provenienti principalmente dagli Atenei di Perugia e Camerino e hanno previsto:

- la redazione del quadro conoscitivo, basato sui dati contenuti nei formulari predisposti dal Ministero per i Siti Natura 2000;
- la definizione dei nuovi perimetri sulla base delle carte degli habitat con produzione di cartografie a scala 1:10.000 e appoggio su base catastale;
- l'analisi delle principali caratteristiche naturali ed ecologiche, in relazione alle specie caratterizzanti i siti, finalizzata al mantenimento in uno stato di conservazione soddisfacente dei siti stessi;
- la definizione di metodologie omogenee di monitoraggio biologico al fine di permettere adeguate valutazioni comparative riguardo al mantenimento dei caratteri naturali del sito (livello di conservazione delle specie e degli habitat comunitari) e rispetto alla valutazione tra i piani di gestione;
- l'eventuale integrazione con gli strumenti di pianificazione esistenti secondo le procedure vigenti di modifica di tali strumenti;
- la verifica della necessità di determinare eventuali ulteriori misure di prevenzione per evitare il degrado degli habitat o la perturbazione delle specie.

Nei primi mesi del 2011 è intenzione della Regione iniziare la fase partecipativa quale passaggio obbligato e propedeutico all'approvazione dei suddetti progetti di piano da parte della Giunta stessa.

Si pensa a tal proposito di organizzare, presso ogni Comunità Montana, incontri finalizzati a garantire un'ampia partecipazione da parte degli Enti locali interessati, Società civile e *Stakeholders*.

C'è un altro aspetto importante legato all'approvazione dei Piani di gestione ed è la trasformazione dei SIC in ZSC (Zone Speciali di Conservazione); tale adempimento deriva dalla Direttiva Habitat e comporta, per le Regioni, l'impegno ad attuare, in accordo

con il MATTM, la fase conclusiva di realizzazione della rete Natura 2000, per la quale sia i dati conoscitivi che le misure di conservazione, contenute nei Piani, rappresentano il presupposto essenziale.

L'Umbria, come molti di voi sanno, è l'unica Regione d'Italia a possedere una rete ecologica regionale (RERU) a scala 1:10.000, ad intera copertura regionale, recepita da due leggi regionali che le conferiscono efficacia e cogenza.

Non ho intenzione di addentrarmi in spiegazioni tecniche vista la nutrita presenza di addetti ai lavori, mi limiterò soltanto ad accennare l'importanza che la RERU assume, da almeno cinque anni, data di emanazione della L.R. 11/2005, nel controllo delle nuove previsioni contenute nei Piani regolatori comunali. Tali verifiche sono finalizzate ad evitare sia conflitti fra nuova edificazione e corridoi biologici esistenti che fenomeni di frammentazione territoriale conseguenti alla realizzazione di infrastrutture lineari. In Umbria dal 1956 al 2006 sono scomparsi all'incirca 40.000 ettari di suolo libero a seguito di nuove edificazioni con un dato giornaliero di superficie sottratta, elaborato dall'Università dell'Aquila, pari a circa 8000 m^2.

Tutti i dati di cui vi ho accennato, con il corrispondente corredo cartografico, sono consultabili e scaricabili sul portale regionale, alla voce Biodiversità, su apposito WebGis.

Ultimo argomento di cui vorrei parlarvi è l'Osservatorio regionale per il monitoraggio della biodiversità. Collocato fisicamente a Villa Fabri di Trevi nasce grazie ad un finanziamento concesso dal MATTM nell'ambito dell'Accordo di Programma Quadro per la biodiversità.

Tale finanziamento rappresenta un riconoscimento fattivo del valore che l'Umbria riveste, a livello nazionale, in tema di biodiversità, grazie ai progetti suddetti e che peraltro rappresentano una articolazione concreta della strategia nazionale per la biodiversità, appena varata. I fondi concessi dal MATTM, al momento, sono stati utilizzati per avviare le attività legate al monitoraggio della biodiversità all'interno dei siti Natura 2000. Entro fine anno, i dati raccolti in collaborazione con gli Atenei di Perugia, Camerino e L'Aquila verranno opportunamente archiviati e nel 2011, sulla base di un progetto condiviso, si darà avvio alle attività vere e proprie di osservazione e monitoraggio di specie ed habitat di interesse comunitario e conservazionistico. L'Osservatorio si pone quindi come luogo di sintesi ed elaborazione di dati e strategie anche in connessione con altre Regioni d'Italia con cui peraltro sono stati già attivati contatti concreti.

Oltre all'aspetto legato squisitamente alla biodiversità, l'Osservatorio si dovrà occupare di temi quali il paesaggio rurale, lo sviluppo sostenibile, l'alta formazione, la progettazione europea e interventi legati alle zone umide. Quest'ultimo aspetto verrà curato con la costituzione di un apposito gruppo di lavoro formato da figure professionali specifiche provenienti da Università, Provincie, Associazioni, Regione.

Vorrei infine approfittare della mia presenza sul lago Trasimeno per alcune comunicazioni che ritengo importanti. La prima riguarda il Parco omonimo e in particolare il progetto di Piano che possiamo considerare concluso; recentemente è stato trasmesso alla Comunità Montana per l'iter partecipativo nell'ambito della procedura di VAS che è propedeutica alla sua approvazione. La seconda comunicazione riguarda il POR FESR 2007-2013, come noto, sono i fondi comunitari che, nel caso

del Trasimeno, verranno impiegati per il completamento dell'anello ciclabile relativo alla parte sud del lago, in particolare il tratto S. Arcangelo – Castiglione del Lago. Gli interventi finanziati con le Attività b1 e b2 del programma comunitario suddetto si aggirano intorno a 1,5 milioni di euro.

A tal proposito mi sembra doveroso precisare, in tema di strategie per la tutela della biodiversità, che la Regione, coraggiosamente, ha scelto di utilizzare tali fondi comunitari per interventi volti alla valorizzazione dei siti della rete Natura 2000 e lo ha fatto attraverso la predisposizione di linee guida e *master plan* dedicati e specificamente orientati sia all'individuazione che alla qualità degli interventi da finanziare avvalendosi per l'appunto dei dati conoscitivi desunti da progetti come la RERU e i Piani di Gestione.

Guido Morozzi

Università di Perugia

Valutazione della qualità dei sedimenti del lago Trasimeno

Questa presentazione prende in esame un aspetto abbastanza importante, che non riguarda soltanto le caratteristiche dei sedimenti, ma che ha importanti ricadute anche sulla qualità delle acque. Una breve introduzione mette in evidenza quale possa essere il problema collegato alla qualità dei sedimenti, la cui importanza per la qualità dei corpi idrici è sottolineato anche dal D.Lgs. 152/2006.

Va prioritariamente osservato che nei sedimenti si accumulano sostanze tossiche mediante complessi meccanismi di natura chimico-fisica dipendenti sia dalla natura della matrice solida, che dalla proprietà di composti assorbiti. Il processo di assorbimento è di natura dinamica e implica lo scambio tra il materiale assorbito sulla matrice solida e la fase acquosa, ed è influenzato da diversi parametri chimico-fisici, quali il pH, il potenziale ossido-riduttivo, l'ossigeno disciolto, il contenuto di carbonio organico od inorganico dei sedimenti e, inoltre, dalla natura geologica intrinseca dei sedimenti e dalla loro granulometria.

Un ulteriore aspetto da considerare che può influenzare la qualità dei sedimenti è legato al fatto che alcuni cationi ed anioni possono legare o precipitare gli inquinanti disciolti e sospesi. Quanto appena detto mette in evidenza la complessità del problema, la cui completa soluzione non è, a tutt'oggi, completamente chiarita. Per tale ragione si è cercato di portare un contributo ulteriore (da un lato) di tipo speculativo, volto sia alla conoscenza dei possibili meccanismi alla base del fenomeno, sia mirato ad acquisire la conoscenze dei livelli di contaminazione dei sedimenti del lago Trasimeno. Tralasciando in questa presentazione le caratteristiche del lago Trasimeno che tutti conoscono e che sono state ampiamente descritte anche in questo convegno, vengono prioritariamente indicati i punti nei quali sono stati effettuati i prelievi. Sono stati considerati 5 punti di prelievo, di cui 4 situati nella zona neritica, come viene chiamata dagli idrobiologi, e uno al centro del lago, considerato

come testimone, in quanto meno soggetto a fenomeni di sversamenti diretti e quindi, presumibilmente, a fenomeni di inquinamento.

Passando ai risultati ottenuti nella tabella che sto mostrando (cfr. www.arpa.umbria.it/resources/documenti/convegno-trasimeno/Morozzi.pdf pag.5) sono riportati i parametri considerati e le loro concentrazioni rilevate nelle diverse stazioni e nelle diverse stagioni. Senza entrare nel dettaglio, è importante evidenziare quali sono stati i parametri considerati. Si sono considerati: i solfuri acidi volatili (AVS), il carbonio organico (OC), il carbonio inorganico(IC), gli Alchil-Solfonati Lineari (LAS) gli Idrocarburi Aromatici Policiclici (IAP), alcuni metalli pesanti, quali cadmio, piombo, cromo, zinco, rame.

Un primo aspetto che è stato considerato approfonditamente è il rilascio dei metalli assorbiti sui sedimenti e la cui concentrazione è a livelli di ppm (parti per milione). Senza considerare analiticamente queste concentrazioni era interessante verificare se i metalli assorbiti venissero rilasciati e in quale misura e in quali condizioni, poiché questo aspetto può avere importanti ricadute sulla qualità delle acque. Come si può vedere dai dati mostrati in tab. 1, se si esclude il cadmio, la quota di rilascio è bassa per tutti gli altri metalli, forse un poco più alta è quella per il piombo, ma comunque anche questa risulta sempre abbastanza bassa. Ci si chiede perché i metalli vengono rilasciati così poco, visto che il metodo che si usa è il rilascio in ambiente acido a pH 4,5-5.

La considerazione che può essere fatta e che se i metalli fossero legati esclusivamente come solfuri o carbonati, operando a un pH che è minore della costante di equilibrio pK di questi acidi, si sarebbe dovuto avere un rilascio molto maggiore rispetto a quelli ottenuti. Una ipotesi possibile e che i metalli, oltre ad essere legati come carbonati e solfuri, siano co-precipitati, come riportato in letteratura, con i sali di manganese e di ferro, che sono presenti in concentrazioni abbastanza elevate nel lago Trasimeno.

Proseguendo nella presentazione, nelle diapositive che sto mostrando sono schematizzati in grafico, per la varie stazioni, alcuni parametri ritenuti più significativi visto che, essendo la tabella iniziale troppo complessa a causa del numero di dati, non risultava di facile

Tabella 1 – Percentuali di rilascio dei metalli dai campioni di sedimento del lago Trasimeno

Toxic Metals	***Sampling sites***				
	A	***B***	***C***	***D***	***E***
Cd	28.5	29.9	20.9	28.0	24.3
Cr	2.5	1.6	1.4	1.7	1.8
Ni	6.9	4.8	9.1	6.7	5.3
Pb	10.6	11.4	11.4	11.4	5.7
Cu	6.1	11.9	10.3	6.7	5.0

ed immediata lettura. Sono riportati gli IPA, i metalli pesanti (HM), i tensioattivi e i solfuri acidi volatili. I dati riportati per ogni stazioni sono stati divisi in 2 stagioni, autunno-inverno in rosso e in blu primavera-estate. Questo è un po' il quadro generale che si presenta e che evidenzia le differenze tra stazioni e tra stagioni per i diversi parametri ed inoltre le differenze tra parametri.

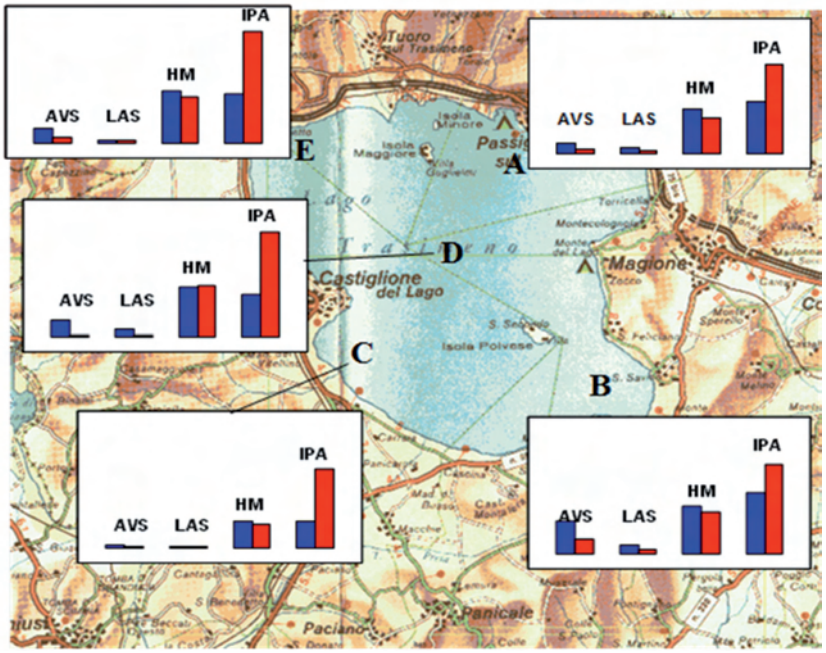


Fig. 1

Valori di concentrazione degli AVS (* 10^{-2} g/kg), LAS (mg/kg), HM (mg/kg) ed IPA (mg/kg) nei sedimenti del lago Trasimeno nei periodi primavera-estate (blu) ed autunno-inverno (rosso)

Tabella 2 -Coefficienti di correlazione tra parametri dei sedimenti del lago Trasimeno

	AVS	*OM*	*IC*	*Cd*	*Cr*	*Ni*	*Pb*	*Cu*	*LAS*	*PAH$_{tot}$*
AVS	1	-0.03205	** 0.643779	-0.12157	* 0.502636	0.124841	0.270471	-0.02304	** 0.628847	-0.20828
OM		1	-0.05109	-0.11665	0.27297	0.317371	0.209589	* 0.509314	-0.15102	* 0.539557
IC			1	-0.06151	0.130436	0.403031	*** 0.732339	-0.02974	* 0.563559	-0.00429
Cd				1	0.061579	0.047597	-0.15807	0.102918	0.30823	-0.17256
Cr					1	0.240177	-0.16623	* 0.468982	0.291695	-0.20787
Ni						1	* 0.548786	0.175661	0.233703	0.13452
Pb							1	-0.05202	0.237888	* 0.498969
Cu								1	0.056861	0.270996
LAS									1	-0.24656
PAH$_{tot}$										1

(***p<0.001, **p<0.01;* p<0.05)

Un aspetto importante per la comprensione della dinamica degli inquinati è lo studio delle correlazioni tra gli inquinanti considerati e tra questi e gli elementi costitutivi dei sedimenti. Nella tab. 2, nella quale sono riportati i coefficienti di correlazione, si evidenzia che:

- gli AVS sono correlati al carbonio inorganico, parametri che entrambi possono legare i metalli. Inoltre, gli AVS sono correlati in maniera altamente significativa con i LAS, cosa che potrebbe apparire strana a prima vista, ma che come si vedrà più avanti può essere spiegata alla luce di una più approfondita analisi statistica;
- i policiclici sono legati in maniera significativa al materiale organico, dato riportato anche in letteratura, e che trova una spiegazione nel fatto che essendo gli IPA altamente insolubili in acqua, tendono a legarsi alla matrice organica;
- il piombo è correlato al carbonio inorganico, reperto che farebbe pensare che il piombo si trovi legato anche come carbonato, tant'è vero che come precedentemente visto, viene rilasciato un po' più di tutti gli altri metalli.

Un ulteriore approfondimento per la comprensione delle correlazioni tra parametri è stato condotto con le tecniche di Analisi Statistica Multivariata.

L'analisi dei *cluster* dei diversi siti di campionamento ha mostrato che il sito di campionamento C è opposto, in tutte le stagioni, al sito di campionamento B (fig. 2). I due siti si trovano infatti in quadranti opposti nella rappresentazione grafica nella quale la variabile 1 e riportata *vs* la variabile 3. E' da osservare che l'analisi viene fatta per le diverse stazioni tenendo conto contestualmente di tutti gli inquinanti. Il fatto che i due siti B e C risultino opposti è spiegabile considerando che la stazione C è quella caratterizzata da una minore concentrazione di inquinanti ed è la stazione che si trova qui vicino a Castiglione del Lago. La natura del sedimento evidenzia che si tratta di un sedimento a matrice prevalentemente sabbiosa, molto meno ric-

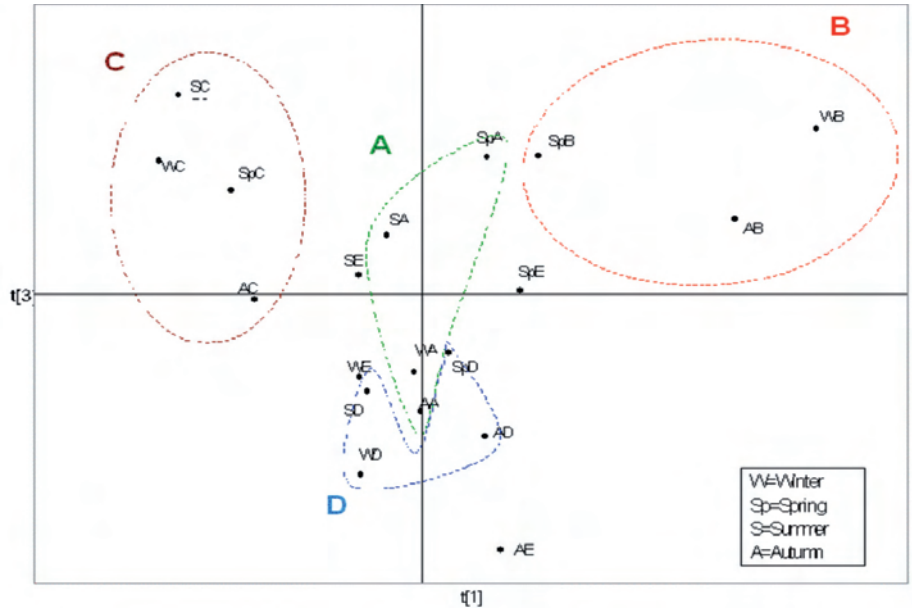


Fig. 2

Clusterizzazione dei siti di campionamento mediante PCA. Plot della componente principale 1 verso la componente principale 3

co, in senso assoluto, di materiale organico, e comunque molto meno ricco in questa componente, rispetto al sito B. Questo sito è caratterizzato, invece, da una elevata concentrazione di materiale organico, probabilmente a causa della sedimentazione di materiale vegetale, sedimentazione che si verifica alla fine del ciclo vegetativo delle macrofite, vegetali delle quali è particolarmente ricca l'area. La tabella successiva mostra la percentuale della varianza legata alle componenti considerate nell'analisi multivariata dalla quale si evince che le prime 3 componenti danno conto del 69,7% della varianza totale.

Un altro aspetto importante è il *loading plot* delle diverse variabili, fig. 3. Dalla rappresentazione grafica si evince molto bene come siano associati in un *cluster* unico gli IPA, il materiale organico, il piombo e il rame. Per quanto riguarda il rame non è molto chiara la spiegazione di tale associazione, anche se alcuni autori riportano che anche il rame è spesso associato ai policiclici. Per quanto riguarda invece il materiale organico, il piombo e gli IPA, il fatto che risultino in un unico *cluster* è abbastanza spiegabile. Come precedentemente riportato gli IPA sono praticamente insolubili in acqua, quindi si aggregano al materiale organico. Per quanto riguarda il piombo, va considerato che i sedimenti analizzati sono il risultati di diversi anni di sedimentazione, per cui se la presenza di IPA fosse legata allo sversamento di oli esausti derivanti da motori, risulterebbe evidente come il piombo, che era presente nelle benzine come antidetonante, poteva passare in parte nell'olio lubrificante insieme agli IPA, per cui la presenza contemporanea nei sedimenti di questi due inquinati non sarebbe un fatto strano.

Passando alla associazione LAS-ABS risulta dalla letteratura che i LAS nei sedimenti possono essere degradati per via enzimatica e liberare l'anione solfato. L'anione solfato, in ambiente anos-

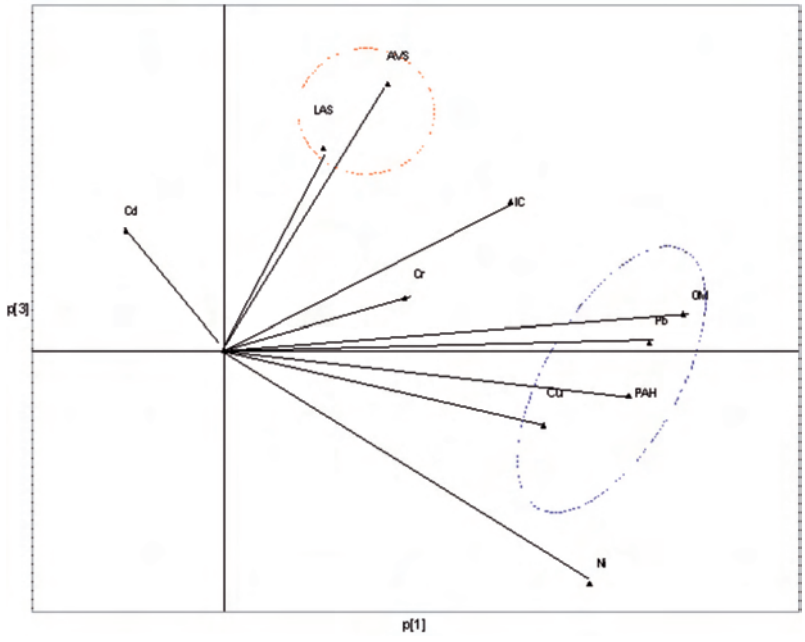


Fig. 3
Loading plot delle variabili

sico, viene ridotto a formare i solfuri. Per cui può apparire ragionevole che i due parametri risultino associati.

In una successiva indagine sul lago Trasimeno siamo andati anche a determinare, in tre siti rappresentativi, i pesticidi organo-clorurati, che nello studio precedente non erano stati considerati. Nella diapositiva sono riportate le concentrazioni nei tre diversi siti. Vorrei fare osservare che il sito B1 corrisponde un po' a quella stazione che avevamo visto precedentemente essere ricca di materiale organico e coincidente con l'area definita come*"La valle"*. I punti di prelievo indicati come B3 e B5 si riferiscono all'area rispettivamente di Borghetto e a quella dell'immissario. L'analisi dimostra che anche i pesticidi organo-clorurati sono presenti nei sedimenti. Il *pattern* grafico dimostra che esistono differenze notevoli fra le diverse stazioni. E' questo un dato preliminare, ma abbastanza interessante che andrebbe approfondito per verificare se le diverse concentrazioni riscontrate siano da attribuire alla diversa entità di input esterni o alla diversa natura dei sedimenti e quindi alla diversa capacità di assorbimento e rilascio di queste sostanze.

Una ulteriore analisi che ha riguardato gli idrocarburi paraffinici e dei quali è mostrato un tipico *pattern* nella diapositiva, ha consentito di avere una indicazione , attraverso il calcolo di un parametro definito come *Carbon Preference Index 25* (CPI 25) la cui formula è riportata in diapositiva, sul prevalente carattere biogenico o antropogenico dei sedimenti. Quest'ultimo rappresenta un aspetto di una certa importanza, perché indica se il contributo alla contaminazione dei sedimenti deriva da fonti esterne, o se invece deriva dalla demolizione di materiale organico endogeno. L'importanza di tale indicazione è di tutta evidenza per quanto riguarda i problemi di gestione dell'ecosistema. Va osservato, tuttavia, che il contributo non è mai del tutto univoco, nel senso che mai si osserva un origine puramente biogenica o puramente antropogenica, ma indica la prevalenza dell'una o dell'altra. Nel nostro caso, confrontando le tre stazioni, si può notare che nella stazione B1 prevalgono idrocarbu-

Tabella 3 – Formula per il calcolo del Carbon Preference Index riferito alla paraffina con 25 atomi di carbonio e valori riscontrati nei diversi siti di campionamento

Carbon Preference Index
(CPI_{25})

$$CPI_{25}=0{,}5*\left[\frac{(C_{25}+C_{27}+C_{29}+C_{31}+C_{33})}{(C_{24}+C_{26}+C_{28}+C_{30}+C_{32})}+\frac{(C_{25}+C_{27}+C_{29}+C_{31}+C_{33})}{(C_{26}+C_{28}+C_{30}+C_{32}+C_{34})}\right]$$

$CPI_{25} \sim 1$ → Anthropogenic

$CPI_{25} > 3$ → Biogenic

CPI_{25} values for the three sampling sites

B1	B3	B5
16.4	0.8	0.6

ri ad alto peso molecolare ed il valore del CPI_{25}>3 ci porta a concludere che la contaminazione è di origine prevalentemente biogenica, infatti il sito di prelievo è quello in cui era stata rilevata una maggior concentrazione di OC. Nei sedimenti delle altre 2 stazioni considerate prevalgono idrocarburi a più basso peso molecolare, ed il valore del CPI_{25} prossimo ad 1 ci porta a concludere che l'inquinamento sia di natura essenzialmente antropogenica.

Passando alle conclusioni si possono considerare i seguenti punti:

- è stata evidenziata la presenza di alcuni microinquinanti: IPA, metalli pesanti, tensioattivi e pesticidi organo-clorurati nei sedimenti del Trasimeno in concentrazione confrontabile con quella di altri laghi europei, come si evince dai dati riportati in letteratura;
- i metalli legati alla matrice solida dei sedimenti vengono scarsamente rilasciati in fase acquosa, se si esclude il cadmio e, in misura minore, il piombo. Questo aspetto potrebbe essere valutato positivamente, perché starebbe ad indicare che tali inquinati non alterano la qualità delle acque. Quest'ultima considerazione va però attentamente valutata perché se almeno in parte, viste le condizioni anossiche dei fondali i metalli fossero legati come solfuri, in seguito a processi di rimescolamento legati a tempeste, i sedimenti portati in superficie sotto agitazione poterebbero riossigenarsi e rilasciare quindi i metalli. I fenomeni di rimescolamento, infatti, sono altamente probabili in un lago laminare com'è il Trasimeno;
- l'analisi delle componenti principali mostra che il sito di campionamento C è ben separato, a causa del basso carico inquinante, dai sedimenti degli altri siti di campionamento e in particolare dal sito B, che è caratterizzato da un più elevato carico inquinante rispetto agli altri siti. Sono state osservate anche differenze stagionali, i campioni autunnali ed invernali risultano ben separati in relazione al carico di inquinanti rispetto a quegli estivi e primaverili;
- l'analisi dei *cluster* mostra alcuni associazioni di notevole interesse ambientale che riguardano gli IPA, il carbonio organico e il piombo da un lato e dall'altro i LAS e gli ABS.

Infine, un aspetto interessante è quello relativo al profilo degli idrocarburi paraffinici per la ragione che esso è indicativo della natura antropogenica o biogenica dei sedimenti. I dati finora ottenuti riguardano solo 3 siti di campionamento rappresentativi, ma è da ritenere che sarebbe importante estendere alla altre aree del Trasimeno questo tipo di indagine che, come detto, rappresenta una utile indicazione per la gestione dell'ecosistema. L'utilità di condurre indagini in altre aree del lago nasce dalla constatazione che i tre siti campionati non indicano per i sedimenti una contaminazione della stessa origine biogenica e/o antropogenica.

Come conclusione, si può dunque affermare che i sedimenti del lago Trasimeno sono caratterizzati dalla presenza di micro inquinati tossici e/o cancerogeni di diversa natura, anche se a concentrazioni abbastanza basse e spesso confrontabili con quelle di altri laghi italiani ed europei. Tutto ciò, anche considerando che tale contaminazione potrebbe influire sulla qualità delle acque va attentamente monitorato. La conoscenza puntale delle concentrazioni degli inquinanti sopra riportati potrebbe, inoltre, influire sulla collocazione dei fanghi in caso di una loro rimozione dai fondali.

Giancarlo Mazzasette

Regione Umbria

Depurazione e tutela dall'inquinamento diffuso

Faccio un breve richiamo alle fonti giuridiche che disciplinano e indirizzano gli interventi per contrastare e rimuovere l'inquinamento sia di tipo puntuale che diffuso:

- la Direttiva Quadro 2000/60 e la sua implementazione (o come ha recentemente affermato il commissario europeo Rodriguez Romero in un convegno a Bruxelles a cui partecipava la Regione Umbria, la sua profonda revisione);
- il D.Lgs. 152/2006, parte III, che tutto sommato ha recepito abbastanza fedelmente la Direttiva Quadro, e da cui derivano i piani di gestione a livello di distretto idrografico e i piani di tutela delle acque a livello regionale.

La Regione Umbria rientra nella pianificazione del Piano di gestione dell'Appennino Centrale e, marginalmente, in quello di gestione dell'Appennino settentrionale.

Il Piano di tutela costituisce uno stralcio dei piani di bacino distrettuali e quindi, in qualità di piano di dettaglio del Piano di gestione è articolato per sottobacini ed è redatto sulla base degli obiettivi e delle priorità definite dal Piano distrettuale.

Possiamo affermare che il Piano di tutela delle acque è lo specifico piano di settore che attua in ambito regionale il piano di bacino distrettuale. Il Piano di tutela delle acque è stato introdotto già nel vecchio decreto 152 del 1999, che di fatto recepiva le direttive 91/271 e 91/676, la prima sul trattamento delle acque reflue urbane, la seconda sulla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati di origine agricola. Solo nel 1999 si recepiscono, parzialmente, due Direttive europee del 1991 e si dovrà attendere il nuovo decreto del 2006 per disciplinare più organicamente le norme italiane a quelle europee. Già questo fa comprendere il ritardo accumulato dall'Italia.

Il Piano di tutela, appunto, è il piano di settore che deve contenere gli interventi volti a garantire il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale, nonché tutte le misure necessarie alla tutela qualita-

tiva e quantitativa del sistema idrico. Il Piano di tutela della Regione Umbria è stato approvato dal Consiglio regionale il 1° dicembre 2009. E' costituito da tre parti, è un piano voluminoso, circa un migliaio di pagine, ed è stato pubblicato il 27 gennaio 2010, giorno in cui è entrato in vigore.

Nella parte prima sono richiamati il quadro normativo europeo e nazionale di riferimento e tutti gli obiettivi e le strategie dei piani e programmi di interesse regionale. Nella parte seconda sono analizzate tutte le pressioni e gli impatti che gravano sulle acque superficiali e sotterranee della regione. La parte terza descrive le azioni strategiche, cioè gli interventi, le misure di piano. Qui sono riportate tutte quelle misure individuate per la tutela quantitativa e qualitativa, integrate e coordinate per bacino idrografico, anche con l'indicazione della cadenza temporale degli interventi e delle relative priorità.

Altri allegati del piano sono costituiti dall'aggiornamento dello stesso alla Direttiva 2000/60; il motivo di questo aggiornamento deriva dal fatto che la redazione del piano è partita nel 2002, completata alcuni anni dopo, e il piano approvato dopo diversi anni. Nel frattempo, c'è stato il passaggio dal 152/1999 al 152/2006 e, nello stesso tempo, visto che eravamo ormai in dirittura d'arrivo anche con i piani di gestione, si è cercato di riorientare, per quanto è stato possibile nel giro di pochi mesi, il Piano di tutela a questa nuova visione, sovraordinata, molto più ampia e coordinata con le altre regioni del distretto.

Altri allegati sono costituiti dal rapporto ambientale, dalla relazione di incidenza, dalla sintesi non tecnica del rapporto ambientale e da diverse tavole tematiche.

Con legge regionale la Regione Umbria ha determinato le norme di tutela e ha stabilito l'emanazione di alcuni regolamenti e le modalità di aggiornamento e revisione di questo piano.

Veniamo a quella che è stata l'analisi conoscitiva del Piano di tutela. E' stata fatta un'analisi delle pressioni e degli impatti. Il metodo adottato è stato quello di dividere i carichi inquinanti tra fonti puntuali e fonti diffuse. Fonti puntuali sono rappresentate dal sistema fognario depurativo e quindi sono stati analizzati i depuratori, le eccedenze, le reti non depurate, gli scaricatori di piena.

Nella tabella che vedete (fig.1) c'è il riepilogo per sottobacini dell'analisi delle pressioni per quanto riguarda il BOD. Il sottobacino del Trasimeno è quello evidenziato. Come si può vedere è stata fatta una divisione fra le fonti puntuali (depuratori, eccedenze, reti non depurate e scaricatori di piena, attività produttive) e le fonti diffuse, rappresentate dal comparto agricolo-zootecnico. Già da questa tabella si può capire l'incidenza di ciascuna di queste fonti di inquinamento e quindi, dove si dovrebbe andare ad intervenire. Per l'azoto e il fosforo vale lo stesso discorso (figg. 2 e 3). Possiamo vedere nelle diapositive la differenza fra fonti puntuali e fonti diffuse.

Ora vediamo una rappresentazione leggermente diversa. Con questo grafico (fig. 4) notiamo l'incidenza del fosforo, sempre distinto fra quello proveniente da fonte civile, quello proveniente da fonti agricole, quello di origine zootecnica e quello che proviene – anzi non proviene in questo caso – da fonte industriale. Per l'azoto vale lo stesso discorso (fig. 5). Con questi grafici possiamo visivamente comprendere l'incidenza e la provenienza di questi carichi inquinanti. Nel BOD e nel COD ovviamente, i rapporti di forza cambiano, ma comunque rendono l'idea di quanto sia necessario intervenire su ogni singolo settore.

Veniamo all'inquinamento da fonti puntuali: gli agglomerati del lago.

Sottobacino	Da Fonti Puntuali						Da Fonti Diffuse		Totale
	Depuratori	Eccedenze	Reti non depurate	Scaricatori di piena	Attività produttive in c.i.s.	Scarichi puntuali su suolo	Agricolo	Zootecnico	
	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)
Alto Tevere	172,9	0	278,1	597,3	539	28,6	0	232,3	**1848,2**
Medio Tevere	97	20,4	145,3	228,4	257,6	21,3	0	294	**1064,0**
Basso Tevere	59,8	52,4	74,2	94,2	23,4	10,4	0	131,4	**445,8**
Chiascio	121,1	243,6	119,6	359,2	145,7	15,6	0	203,1	**1207,9**
Topino - Marroggia	268,4	539	84,4	565,6	296,2	32,8	0	390,2	**2176,6**
Trasimeno	38,5	7,3	56,4	176,4	88,3	6,4	0	150,8	**524,1**
Nestore	189	75,5	472,6	522,2	739,9	21,7	0	136,2	**2157,1**
Paglia - Chiani	81,8	10,1	26,6	131,4	94	10,5	0	79	**433,4**
Nera	342,7	97,6	51,8	542	777,8	31,3	0	329,4	**2172,6**
Arno	3,6	4,3	0,0	10,3	7,5	1,8	0	41,9	**69,4**
T.A.M.A.	11,1	0	0,0	8	31,4	1,4	0	43	**94,9**
TOTALE	**1.385,9**	**1.050,2**	**1.309,0**	**3.235,0**	**3.000,8**	**181,8**	**0,0**	**2.031,3**	**12194,0**

Fig. 1

L'analisi delle pressioni e degli impatti: il BOD nel bacino del lago Trasimeno

Sottobacino	Da Fonti Puntuali						Da Fonti Diffuse		Totale
	Depuratori	Eccedenze	Reti non depurate	Scaricatori di piena	Attività produttive in c.i.s.	Scarichi puntuali su suolo	Agricolo	Zootecnico	
	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)
Alto Tevere	106,4	0	57,2	64,4	16,6	26,66	886,2	192,9	**1350,4**
Medio Tevere	73,5	4,2	29,9	24,6	5,1	19,84	1.121,9	265,9	**1544,9**
Basso Tevere	45,6	10,8	15,2	10,1	2	9,72	593,9	80,4	**767,7**
Chiascio	74,1	50,1	24,6	38,7	13,7	14,56	447,3	226,9	**890,0**
Topino - Marroggia	170,9	110,8	17,4	60,9	20,7	30,56	1.191,2	366,0	**1968,5**
Trasimeno	28,7	1,5	11,6	19	2,7	5,92	390,7	97,2	**557,3**
Nestore	116,1	15,5	97,1	56,3	15,4	20,20	638,2	174,7	**1133,5**
Paglia - Chiani	52,2	2,1	5,5	14,2	2	9,84	592,9	57,6	**736,3**
Nera	178,9	20,1	10,6	58,4	124,1	29,24	668,5	219,9	**1309,7**
Arno	4,1	0,9	0,0	1,1	0,2	1,70	110,2	24,7	**142,9**
T.A.M.A.	9,8	0	0,0	0,9	0,2	1,34	95,5	29,2	**136,9**
TOTALE	**860,2**	**216,0**	**269,0**	**348,6**	**202,7**	**169,6**	**6.736,6**	**1.735,4**	**10538,1**

Fig. 2

L'analisi delle pressioni e degli impatti: l'azoto nel bacino del lago Trasimeno

Sottobacino	Da Fonti Puntuali						Da Fonti Diffuse		Totale
	Depuratori	Eccedenze	Reti non depurate	Scaricatori di piena	Attività produttive in c.i.s.	Scarichi puntuali su suolo	Agricolo	Zootecnico	
	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)
Alto Tevere	23,6	0	7,4	20,1	1,2	0,549	45,8	8,6	**107,2**
Medio Tevere	6,4	0,5	3,9	7,7	0,4	0,408	54,3	13,1	**86,7**
Basso Tevere	4,7	1,4	2,0	3,2	0,1	0,201	28,2	4,2	**44,0**
Chiascio	15,9	6,5	3,2	12,1	1	0,3	23,1	7,4	**69,5**
Topino - Marroggia	21,9	14,4	2,3	19	1,5	0,63	52,0	17,6	**129,3**
Trasimeno	2,1	0,2	1,5	5,9	0,2	0,123	16,0	5,2	**31,2**
Nestore	27,7	2	12,6	17,6	1,1	0,417	33,4	5,1	**99,9**
Paglia - Chiani	6,8	0,3	0,7	4,4	0,1	0,201	35,8	3,0	**51,3**
Nera	34,5	2,6	1,4	18,2	14,9	0,6	30,7	11,4	**114,3**
Arno	0,3	0,1	0,0	0,3	0	0,036	4,4	1,5	**6,6**
T.A.M.A.	0,9	0	0,0	0,3	0	0,027	4,6	1,5	**7,3**
TOTALE	**144,7**	**28,0**	**34,9**	**108,8**	**20,5**	**3,5**	**328,3**	**78,5**	**747,2**

Fig. 3

L'analisi delle pressioni e degli impatti: il fosforo nel bacino del lago Trasimeno

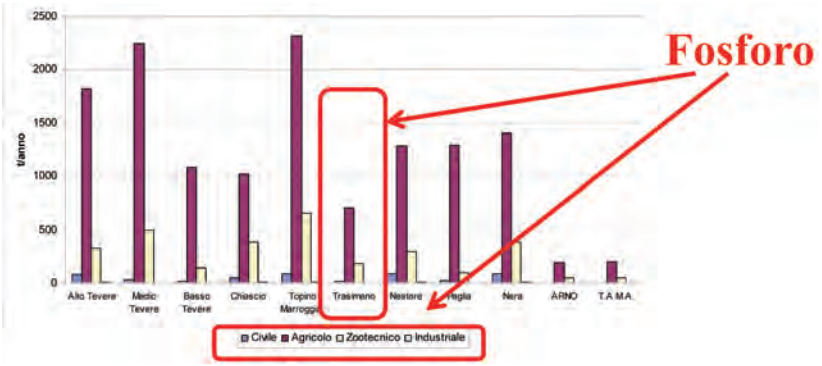


Fig. 4

L'analisi delle pressioni e degli impatti: il fosforo nel bacino del lago Trasimeno

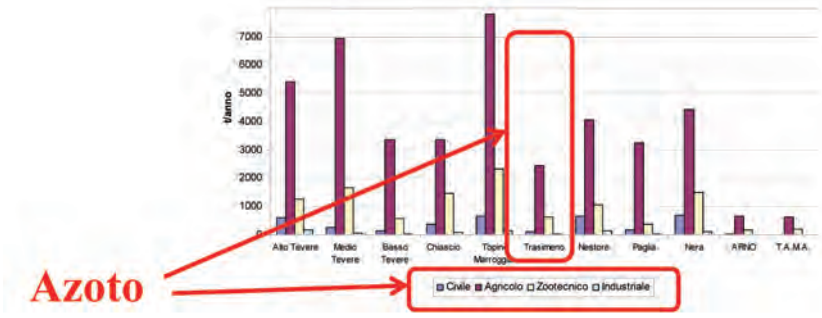


Fig. 5

L'analisi delle pressioni e degli impatti: l'azoto nel bacino del lago Trasimeno

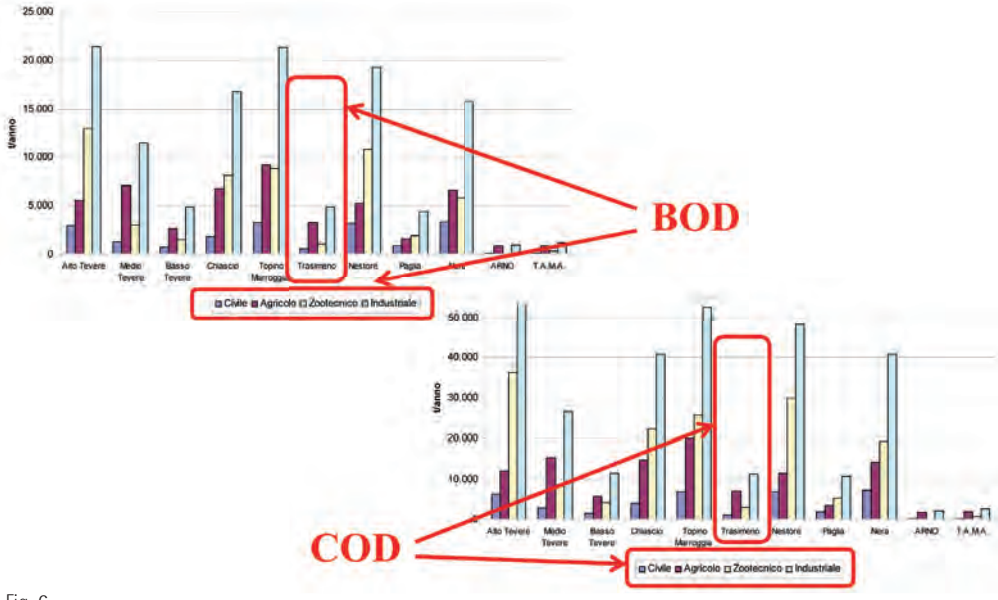


Fig. 6

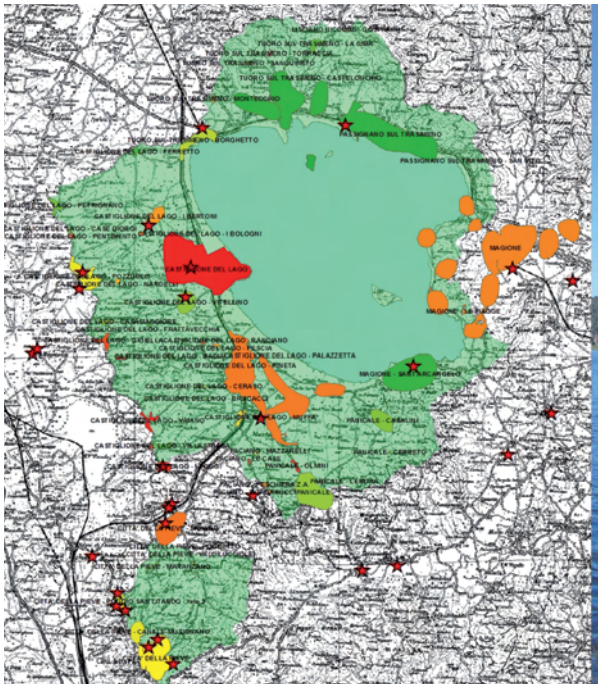
L'analisi delle pressioni e degli impatti: i BOD e i COD nel bacino del lago Trasimeno

Qui bisogna fare subito un'osservazione, un rilievo: abbiamo una grandissima frammentazione territoriale. Nel sottobacino del Trasimeno c'è un solo agglomerato superiore a 10.000 ab/equivalenti. Abbiamo 4 agglomerati superiori a 2.000 ab/eq, mentre tutti i rimanenti agglomerati censiti sono al di sotto della soglia dei 1.000 ab/eq. Questi dati già ci fanno capire la difficoltà e l'onerosità dei costi di intervento. In questa diapositiva (fig. 7) possiamo vedere ancora meglio come sono diffusi questi agglomerati; nella cartografia le stellette individuano dove sono posizionati gli impianti di depurazione. Di lato potete vedere la localizzazione degli impianti principali e quali sono i corpi idrici recettori nel territorio circostante Castiglione del Lago in particolare, e degli altri principali centri abitati che si affacciano sul lago, quali Magione, Passignano e Tuoro.

Che cosa ha previsto il piano per quanto riguarda il settore civile?

Innanzitutto il piano di tutela prevede delle misure obbligatorie che attuano quanto previsto dalla normativa comunitaria, nazionale o regionale vigente. Quindi sono di immediata attivazione e obbligatorie. Poi abbiamo delle misure di piano che sono state individuate in base allo studio effettuato, e sono ritenute necessarie per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale, oltreché obbligatorie con orizzonti temporali articolati, indicati per ciascuna singola misura. Poi abbiamo delle misure complementari che vengono individuate a supporto delle misure obbligatorie. Per quanto riguarda il settore civile ne richiamo solamente alcune fra tutte quelle contenute nel piano:

- l'emanazione del nuovo regolamento regionale come disciplina degli scarichi delle acque reflue, che mol-



Gli agglomerati del bacino del lago Trasimeno ed i principali impianti di depurazione di acque reflue urbane

Località	Corpo idrico recettore	A.E.
Castiglione del Lago	scolina camporile	230
Castiglione del Lago	Torrente Paganico	50
Castiglione del Lago	Fosso Anguillaia	8700
Castiglione del Lago	Fosso Paganico	23000
Città della Pieve	Torrente Tremolini	900
Città della Pieve	Torrente Trova	800
Città della Pieve	Torrente Trova	600
Magione	Lago Trasimeno	1800
Passignano sul Trasimeno	Lago Trasimeno	12000
Tuoro sul Trasimeno	Lago Trasimeno	1500

Fig. 7

Gli agglomerati del bacini del lago Trasimeno e i principali impianti di depurazione di acque reflue urbane

to verosimilmente potrebbe uscire nei primi mesi del prossimo anno; l'estensione della rete fognaria fino a giungere ad una copertura di almeno il 95% degli abitanti equivalenti nominali per tutti gli agglomerati di consistenza superiore a 2.000 ab/eq;

- l'estensione della rete fognaria fino a giungere ad una copertura di almeno il 95% degli abitanti equivalenti nominali per tutti gli agglomerati di consistenza compresa fra 200 e 2.000 ab/eq;
- l'estensione del collettamento affinché queste reti siano collegate ad adeguati sistemi di trattamento, perché un altro problema dell'Umbria è quello – come in tutta Italia del resto – di avere sistemi fognari privi di impianti di depurazione finale. Finché c'erano i soldi si facevano fognature, poi ci si fermava, e l'impianto finale di trattamento non veniva fatto.

Vorrei inoltre citare anche la misura V18P (P significa "di piano", quindi non una misura obbligatoria per disposizione di legge, ma ritenuta necessaria e prioritaria dal piano): riutilizzo irriguo dei reflui provenienti da impianti di depurazione. E' una misura che potrebbe sembrare afferente alla tutela qualitativa, però i benefici sono complessivi e non sono da sottovalutare, perché significa, comunque, contribuire, ad esempio, ad evitare prelievi e quindi a contenere un uso dissipativo della risorsa idrica.

Passiamo ora al "fare". Se prima c'era il filosofare degli studi di piano, vediamo ora come la programmazione regionale intende dare attuazione alle misure di piano. La prima iniziativa programmata è stata di pensare ad un intervento complessivo di riordino del sistema fognario-depurativo, un "progetto depurativo per il lago Trasimeno".

Molti anni fa, si parlava addirittura di circondare il lago con un sistema ad anello. Progetto che, sia per il rapporto costi-benefici, sia perché si andavano ad interessare con le opere infrastrutturali certe aree di particolare interesse che è bene lasciare integre - mi riferisco al bosco di Ferretto qui vicino, fra Tuoro e Castiglione, e dell'oasi naturalistica La Valle - non è mai stato attuato.

Così si è ritenuto, anche per evitare una eccessiva realizzazione di condotte fognarie, di dividere in più interventi la costruzione dei sistemi fognario-depurativi degli agglomerati circumlacuali. Il progetto è stato oggetto di un apposito accordo di programma con il Ministero dell'Ambiente ed è articolato in più lotti funzionali. Grazie a questo accordo è già stato finanziato il primo lotto per 10 milioni di euro, cui il primo lotto è stato di recente aggiudicato l'appalto dei lavori. Il primo lotto prevede la dismissione di impianti non più a norma, non più funzionanti a dovere, e la raccolta dei reflui di tutta la zona che va da Panicale a tutto il territorio comunale di Castiglione del Lago, fino a raggiungere l'impianto di depurazione di Madonna del Soccorso, dove l'attuale impianto sarà potenziato ed aggiornato, per consentire l'adeguato trattamento delle acque reflue, diminuendo quindi il carico inquinante verso il lago. Si prevede, inoltre, sempre con il primo lotto, l'intervento di allontanamento dei reflui dall'abitato di Sant'Arcangelo, dove c'è un impianto di depurazione che va a terminare in una zona di particolare pregio, l'Oasi "La Valle"; i reflui dell'abitato ora saranno, tramite una nuova condotta fognaria ed una stazione di rilancio, immessi in una fognatura esistente la quale invia le acque reflue in un impianto di depurazione posto al di fuori del bacino imbrifero del lago.

In alcuni degli interventi che mi hanno preceduto abbiamo visto che il lago, di fatto, è una trappola per gli inquinanti. Una delle ipotesi presentate è stata quella di ripristinare un emissario sottraendo così inquinanti al lago, ma in questo modo, si sottrarrebbe anche risorsa idrica al lago. Nel nostro progetto si prevede di intervenire in maniera diversa: portiamo gli inquinanti fuori dal bacino del lago (portandoli all'impianto di depurazione di Montesperello, recentemente adeguato e potenziato). I reflui, quindi, non sono più depurati in loco ed immessi nel bacino del lago, nelle acque prospicienti l'oasi naturalistica, ma inviati ad un impianto di depurazione predisposto per il trattamento in area sensibile, con l'allontanamento delle acque reflue trattate fuori dal lago.

I successivi lotti funzionali prevedono ugualmente la dismissione di un impianto non più adeguato, quello di Borghetto di Tuoro, e il collettamento fino al depuratore di Le Pedate di Passignano, anche questo opportunamente adeguato, dotandolo di tutti i trattamenti possibili e necessari per il lago Trasimeno. Poi si prevede un ulteriore collettamento ed allaccio all'impianto di depurazione di Moiano che sarà potenziato, favorendo così un allontanamento dei reflui dal lago. Poi ci saranno anche degli interventi minori su alcuni agglomerati sparsi come Pozzuolo e Gioiella, che si trovano sempre nel comune di Castiglione del Lago.

E' infine previsto un affinamento finale per l'impianto di Castiglione del Lago, ai fini del riutilizzo irriguo delle acque reflue trattate, come detto in precedenza.

Questo è quello che si intende fare per il settore civile.

Per quanto riguarda l'inquinamento diffuso (anche perché dopo di me parlerà il rappresentante della direzione all'agricoltura) richiamo brevemente a quanto messo in atto per il lago Trasimeno; nel sottobacino del lago sono state individuate e perimetrate una zona vulnerabile da nitrati di origine agricola ed una zona vulnerabile da prodotti fitosanitari. Nel Piano di tutela ci sono contenute le misure che dovranno essere attivate.

Il concetto fondamentale è che noi abbiamo in questo momento un lago Trasimeno definito (peraltro quasi "impropriamente", visto che la valutazione è stata effettuata con i dati di un unico anno tra i quali il solo parametro clorofilla "a" presentava livelli superiori ai limiti) "scadente" e dobbiamo raggiungere lo stato ambientale buono entro il 2015. Questo obiettivo è possibile, a condizione che tutti gli attori diventino consapevoli delle proprie responsabilità. Sul lago Trasimeno non si può dire "io non c'entro", perché c'entra il comparto civile, c'entra il comparto agricolo-zootecnico, c'entra il comparto industriale, c'entra il turistico; nessuno può sottrarsi alle proprie responsabilità. Proseguire in studi che dimostrano l'opportunità di fare degli interventi va bene, ma è estremamente necessario pure intervenire (già questa mattina ho accennato, nei saluti iniziali, ad una "tutela attiva" del bacino del lago); come ha fatto notare il dottor Bartoli, il fragmiteto qualche volta va ripulito. I dati presentati dai relatori hanno dimostrato che a volte il non intervento da parte dell'uomo non sortisce effetti benefici: forse sarà necessaria qualche opera di pulizia per conservare in salute un'oasi naturalistica? Sarà quindi opportuno riflettere sul corretto equilibrio tra "intervento e non-intervento dell'uomo" per migliorare la qualità generale del lago Trasimeno.

Maurizio Grandolini

Regione Umbria

Incidenza delle attività agro-zootecniche nel bacino del Trasimeno e strategie di sviluppo

Essendo il ventesimo relatore, dopo una lunga giornata con interventi molto interessanti, ma certamente impegnativi, ringrazio tutti coloro che hanno ancora la pazienza di assistere a queste ultime considerazioni. Cercherò pertanto di essere sintetico.

Anche oggi è stato evidenziato come l'agricoltura venga considerata uno dei settori responsabili dell'inquinamento diffuso delle acque del bacino del Trasimeno, soprattutto per la parte che riguarda gli allevamenti. Questa mattina è stato anche ricordato come sostanze pericolose, quali i metalli pesanti, siano presenti nel lago; dalle mappe che ci sono state esposte, però le aree di maggior concentrazione di tali inquinanti non corrispondono alle zone del bacino del Trasimeno in cui sono presenti in maniera estesa allevamenti zootecnici.

I reflui zootecnici sono spesso messi sotto accusa. Ricordiamo però che un corretto stoccaggio, una adeguata stabilizzazione, una utilizzazione dei reflui nel rispetto dei parametri prescritti, rappresenta un'azione di recupero che permette di ridare al terreno quell'humus che oramai ha perso a causa di una intensa utilizzazione di soli concimi chimici.

Certamente una errata gestione dei reflui zootecnici trasforma questi non più in un aiuto al terreno, ma in uno smaltimento e quindi in un problema.

Analizziamo ora la diffusione degli allevamenti sul territorio regionale e nello specifico nei comuni del bacino del Trasimeno, utilizzando le informazioni provenienti dall'anagrafe nazionale zootecnica (tab. 1).

Questa fonte ci mostra come, rispetto a 10 anni fa, gli allevamenti suinicoli siano passati da 400.000 capi a 200.000 capi. Se osserviamo poi come sono distribuiti sul territorio, la zona Bettona-Assisi, che era uno dei principali luoghi di concentrazione di allevamenti, dopo i fatti di due estati fa ha subito una forte contrazione. Anche il marscianese presenta un notevole calo nel numero degli allevamenti e dei capi istallati. L'area del lago Trasimeno è diventata invece l'area con la maggior

concentrazione di allevamenti suinicoli, siamo nell'ordine dei 66.000 capi.

Se analizziamo quindi i comuni del Trasimeno (tab. 2), si rileva come nel comune di Castiglione del Lago si abbia una concentrazione di 34.000 capi, nel comune di Tuoro 3.000 capi e in quello di Passignano sul Trasimeno 1.000 capi. Nel comune di Magione risultano presenti 15.600 suini, ma gli allevamenti gravitano per la maggior parte al di fuori del bacino del lago. Per quanto sopra, appare come soprattutto gli allevamenti presenti nei comuni di Castiglione del Lago, Tuoro sul Trasimeno e Passignano possano influire sulla qualità delle acque del lago.

Per quanto riguarda i bovini, si rileva come a Castiglione del Lago siano presenti 1.600 capi; inoltre, si riscontra una certa presenza di allevamenti a Città della Pieve con 690 capi e a Passignano sul Trasimeno con 400 capi.

TABELLA 1 – Ripartizione degli allevamenti e dei capi suini in provincia di Perugia

ASL 1:	Area Città di Castello- Umbertide	Allev.	n°	380	capi	n°	2.494
	Area Eugubino	Allev.	n°	08	capi	n°	4.971
ASL 2:	Area Bettona Assisi	Allev.	n°	99	capi	n°	6.622
	Area Perugino	Allev.	n°	125	capi	n°	26.869
	Area Trasimeno	Allev.	n°	70	capi	n°	66.329
	Area Marsciano Todi	Allev.	n°	152	capi	n°	50.028
ASL 3:	Area Foligno	Allev.	n°	346	capi	n°	23.495
	Area Spoleto Valnerina	Allev.	n°	180	capi	n°	10.576
	ASL 4: Area Ternana	Allev.	n°	269	capi	n°	8.461
	Area Orvietana	Allev.	n°	101	capi	n°	2.353
TOTALE		Allev.	n°	2.630	capi	n°	202.198

TABELLA 2 – Allevamenti e numero capi suini nei Comuni dell'Area del Trasimeno

Castiglione del lago	Allev.	n°	40	capi	n°	34.250
Tuoro sul Trasimeno	Allev.	n°	4	capi	n°	3.457
Passignano sul Trasimento	Allev.	n°	3	capi	n°	1.412
Magione	Allev.	n°	14	capi	n°	15.656
Paciano	Allev.	n°	0	capi	n°	0
Panicale	Allev.	n°	5	capi	n°	1.589
Piegaro	Allev.	n°	2	capi	n°	6.545
Città della Pieve	Allev.	n°	2	capi	n°	3.420
TOTALE	Allev.	n°	70	capi	n°	66.329

Per quello che riguarda gli avicoli, non abbiamo dati precisi. Sicuramente si ha una significativa incidenza nell'area del Trasimeno, ma spesso i reflui degli avicoli hanno un percorso abbastanza indipendente, che non dovrebbe gravare però sulle acque del lago.

Ricordiamo ora che l'area del Trasimeno è stata dichiarata zona vulnerabile ai nitrati di origine agricola (fig. 1).

Fig. 1
Zona vulnerabile da nitrati

Ovvero, in questa area è stata trovata nelle acque superficiali o sotterranee una concentrazione di azoto superiore a 50 mg/l, ovvero è presente il pericolo di eutrofizzazione delle acque del lago. L'area dichiarata vulnerabile è esattamente il bacino imbrifero del lago Trasimeno.

La dichiarazione di area vulnerabile ai nitrati di origine agricola comporta che in quest'area si possano certamente spandere reflui zootecnici, assicurando però una distribuzione al campo di una quantità di azoto organico non superiore a 170 kg ad ettaro. Al fine del rispetto di questo limite gli agricoltori devono predisporre preventivamente il "Piano di Utilizzazione Agronomica".

Con questo piano è inoltre richiesto all'agricoltore di verificare che la quantità di azoto al campo che intende distribuire, tra concime chimico e organico, non superi le necessità delle colture, verificando i valori di nutrienti necessari come definiti dal codice di buona pratica agricola; cioè, il fertilizzante distribuito, deve essere solo quello che la pianta usa, perché tutto quello che la pianta non assorbe passa necessariamente nelle acque sotterranee. È richiesto quindi un corretto bilanciamento tra le necessità delle colture ed i fertilizzanti che vengono forniti.

Questa normativa è già attiva da qualche anno, quindi oggi siamo in grado di analizzare i piani di utilizzazione agronomica che sono stati redatti ed inviati all'Arusia.

Nella tab. 3 possiamo analizzare i dati sintetici estrapolati dai Piani di Utilizzazione Agronomica presentati dagli agricoltori dei comuni del lago Trasimeno.

I PUA presentati, sono 933. La superficie concimata è pari ad 12.000 ettari. L'azoto chimico che viene dato in agricoltura risulta pari a quasi Kg 475.000. L'azoto organico da liquame è pari a 61.000 kg, mentre l'azoto da letame a 87.000 kg.

Quindi, se facciamo la somma del concime organico distribuito nei terreni dei comuni del lago, questo è pari a circa 150.000 kg di azoto, che rappresenta l'apporto della sostanza organica proveniente dagli allevamenti che è stato certificato essere stato distribuito al campo.

TABELLA 3					
COMUNE	*Numero PUA*	*Superficie concimata Ha.*	*Azoto da concimi chimici Kg.*	*Azoto organico da liquame Kg.*	*Azoto organico da letame Kg.*
CASTIGLIONE DEL LAGO	526	7.421,54	356.705,44	51.967,80	28.783,60
CITTA' DELLA PIEVE	82	935,57	26.579,71	1.513,60	4.706,71
LISCIANO NICCONE	2	5,26	-	-	136,64
MAGIONE	64	731,49	17.830,15	2.063,25	1.962,22
PACIANO	35	421,11	24.883,13	-	-
PANICALE	104	1.344,65	24.325,16	535,80	2.762,48
PASSIGNANO SUL TRASIMENO	40	476,92	7.909,13	-	57,72
PIEGARO	1	19,78	555,74	-	-
TUORO SUL TRASIMENO	79	856,97	16.669,84	5.409,30	49.162,43
TOTALE	933	12.213,29	475.458,30	61.489,75	87.571,80

Proviamo però a fare dei semplici calcoli. Se in questa area gravano qualcosa come 66.000 capi di suini e 3.000 capi di bovini, considerando 10 kg di azoto a capo per quanto riguarda i suini, e 40 kg di azoto per quanto riguarda i bovini, facendo la somma emerge che noi avremmo qualcosa come 750.000 kg di azoto organico a disposizione che viene prodotto nell'area del lago Trasimeno.

Se confrontiamo i dati della tab. 3, dai PUA emerge che l'azoto organico utilizzato in agricoltura come liquame e come letame non è maggiore di 150.000 kg.

Da queste, forse troppo sintetiche considerazioni, scompaiono circa 600.000 kg di azoto organico prodotto dagli allevamenti.

Dove sono andati? Ci potrebbero essere tanti motivi. Uno potrebbe essere che, nonostante questi 5 anni, i PUA non sono stati correttamente redatti dagli agricoltori che operano nella zona, e che quindi nei campi viene distribuito molto più azoto organico rispetto a quello denunciato. Cioè viene fatto il calcolo, però poi nella pratica si soddisfa l'obbligo formale e non magari quello sostanziale.

Però potrebbe esserci anche qualcos'altro. E questo sarà l'oggetto, tra Regione, Arpa e Arusia, di più approfondite verifiche in quanto è indispensabile dare una risposta a queste domande.

Se confrontiamo però la quantità di azoto organico prodotto dagli allevamenti pari a 750.000 kg e la massima quantità di azoto che deve essere dato per ettaro pari a 170 kg/ettaro, risulta che sono necessari "solo" 4.500 ettari per distribuire tutto l'azoto organico prodotto senza creare danni all'ambiente.

Poiché i terreni coltivati indicati dai PUA sono pari a 12.000 ettari, appare evidente che la quantità di terreno disponibile è certamente più che sufficiente per una corretta utilizzazione dei reflui zootecnici nei terreni agricoli dei comuni del Trasimeno.

Uno degli aspetti che dovrà essere approfondito è quindi una certa mancanza di collegamento tra quello che è il mondo degli allevatori ed il mondo degli agricoltori. È sempre più necessario quindi creare un mercato tra i soggetti che producono azoto e chi lo può proficuamente utilizzare.

La creazione di questo mercato è alla base di una corretta agricoltura e non solo in Umbria, si pensi ad esempio alla pianura padana ove sono presenti problematiche con qualche zero in più.

Il concime organico è migliore del concime chimico per arricchire la qualità del terreno, come sopra ricordato, ma non possiamo però ignorare la comodità dell'utilizzazione del concime chimico.

Si deve comunque percorrere questa strada: ridurre al massimo il concime chimico e sostituirlo con il concime organico, anche aiutando questa pratica con opportune sovvenzioni, e sostenere una riorganizzazione dell'agricoltura in tal senso, sviluppando magari figure specializzate.

Nel contempo è necessario tenere in considerazione le risultanze dello studio del dottor Mennella dell'Università di Perugia sui rischi ambientali del bacino del lago Trasimeno. Dal suo studio emerge come siano presenti nel bacino alcune zone a forte rischio ambientale ed altre in cui sarebbe sconsigliata una concimazione con reflui zootecnici.

Questo studio rileva anche come sia possibile distribuire il concime organico in superfici molto vaste, però la conformazione del terreno, la falda in alcune zone molto superficiale, ecc. richiedono una particolare attenzione, per cui le superfici adatte alla concimazione vanno ricercate con cura.

Ora passiamo ad una rapida analisi delle novità introdotte dal Piano di tutela delle acque, in quanto ha introdotto specifiche misure sulla pressione esercitata dai carichi agricoli sulla qualità delle acque.

Le tre misure in argomento sono: la Q33, la Q34 e la Q35.

La Q33 è quella finalizzata ai problemi di Bettona e Marsciano, con le proprie finalità.

Per quello che riguarda le altre zone, compreso quindi il lago Trasimeno, viene richiamata la necessità di utilizzare tecniche di compostaggio e lettiera su paglia; cioè il Piano di tutela delle acque evidenzia il passaggio dal liquame liquido al letame, e ciò per diversi motivi: intanto, perché il letame è più stabile, quindi si dilava meno e si insinua più difficilmente direttamente nelle acque, è meglio assorbito dalla pianta ed in tempi più lunghi. Ciò comporta però una diversa organizzazione dell'allevamento, con conseguenti costi di investimento e di gestione.

Il Piano, poi per superare il problema della mancanza di collegamento tra allevatore e agricoltore, prevede che l'allevatore debba avere autonomamente la disponibilità, se non la proprietà, per almeno tre anni del terreno su cui fare fertirrigazione,

Oltre a ciò il Piano, con la Misura Q 35, prevede la fissazione del limite massimo dei suini installabili sulla base di una verifica di sostenibilità ambientale.

Da quanto sopra sinteticamente esposto appare evidente un diverso approccio dell'allevatore nella gestione del suo allevamento. È richiesta una mentalità imprenditoriale ove la risoluzione degli aspetti ambientali rappresenta uno dei principali se non il principale problema che deve affrontare, come avviene, tra l'altro, nella maggior parte delle industrie manifatturiere.

Certamente questo passaggio di mentalità richiede importanti investimenti di adeguamento delle stalle e dei

relativi impianti, in un momento come l'attuale con prezzi di vendita dei suini particolarmente bassi.

Per questi problemi, il Piano di tutela delle acque prevede di attivare protocolli d'intesa a cui partecipino i sindaci dei comuni del lago, le associazioni di categoria, le altre istituzioni, per individuare dei percorsi, e per permettere che l'attività zootecnica permanga e contemporaneamente venga salvaguardato l'ambiente.

Giancarlo Marchetti

Arpa Umbria

Introduzione alla sessione "Aspetti di gestione Ambientale"

Ieri è stata una giornata particolarmente ricca e intensa. Sono stati presentati circa 20 interventi che hanno in qualche modo riassunto il quadro delle conoscenze sui vari aspetti di carattere ambientale del lago. Volevo ricordare che queste presentazioni andranno nei prossimi giorni sul nostro sito, sia in audio che in video. Molti di questi lavori presentati ieri sono già stati dati in segreteria, per cui è possibile mettere in rete proprio il lavoro integrale. Le ricerche sono state condotte da vari soggetti: CNR, università, personale di Arpa e della Regione. Ora, dopo questo stato conoscitivo in cui si è messo in evidenza ovviamente il delicato equilibrio del lago, la giornata odierna attiene più che altro agli aspetti della pianificazione, con tre interventi della Comunità Montana, della Regione e della Provincia. Il primo è Louis Montagnoli, della Comunità Montana, che affronterà il tema dell'indirizzo di gestione del parco e delle aree di interesse naturalistico del bacino. La Comunità Montana ovviamente è la responsabile della gestione del parco.

Louis Montagnoli

Comunità Montana Trasimeno-Medio Tevere

Indirizzi di gestione del parco e delle aree di interesse naturalistico del bacino

Dal 2009 la Comunità Montana è stata incaricata della gestione dell'Ente Parco. Attualmente ci troviamo in un periodo molto particolare, perché nell'ambito delle modifiche delle istituzioni endoregionali, si sta parlando di adottare un provvedimento che decreterà la fine delle Comunità Montane. Anche se non si sa bene quando, il percorso, comunque, è ormai segnato. Al di là di questo, sono qui per parlarvi di due cose: la gestione delle aree SIC e ZPS, che qui nella tabella vedete elencate (tab.1) , e il piano del parco. Quelle che vedete evidenziate in marrone sono riferite al bacino imbrifero del lago Trasimeno. Va segnalato, inoltre, che lo specchio lacustre e le immediate propaggini territoriali, l'area a parco regionale, insomma, è sito di interesse comunitario e zona di protezione speciale.

Tabella 1 – Aree riconosciute come siti di interesse comunitario appartenenti alla rete Natura 2000

IT5210025	Ansa degli Ornari
IT5210029	Boschi e brughiere di Pod. Pianello e Farneto
IT5210077	Boschi a farnetto di Collestrada
IT5210040	Boschi dell'Alta Valle del Nestore
IT5210016	Boschi di Castel Rigone
IT5210020	Boschi di Ferretto -Bagnolo
IT5210017	Boschi di Pischiello -Torre Civitella
IT5210028	Boschi e brughiere di Panicarola
IT5210033	Boschi Sereni -Torricella -S. Biagio della Valle
IT5210018	Lago Trasimeno
IT5210021	Monte Malbe
IT5210026	Monte Marzolana -Montali

Qui vedete il lago Trasimeno e quelle in verde sono le aree e i siti di interesse comunitario (fig. 1). Il verde - con il quale è stato evidenziato il lago Trasimeno - indica le aree che vengono riconosciute come siti di interesse comunitario appartenenti alla rete Natura 2000. Qui vedete anche l'estensione delle superfici che devono essere oggetto di analisi, perché lo specchio lacustre è molto legato anche alle utilizzazioni agricole, turistiche e di altro genere presenti nella zona. Nel bacino imbrifero ricadono anche altri siti di interesse comunitario e la Regione ha commissionato alla Comunità Montana la redazione dei piani per queste aree. Su queste aree un gruppo di lavoro composto da docenti e ricercatori provenienti dall'Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Biologia Animale e Biologia Vegetale –, tecnici della Provincia di Perugia e anche di Legambiente, ha svolto un'attività di rivisitazione tecnico-scientifica sugli aspetti forestali e l'habitat per andare ad una ridefinizione del perimetro e ad una zonizzazione degli habitat ritenuti prioritari. L'altro lavoro effettuato dal gruppo è stato la traslazione di questa zonizzazione da una scala 1:25.000 ad una scala di maggior dettaglio. Il passaggio ulteriore era la definizione delle azioni gestionali e la programmazione delle attività di monitoraggio. Tutto questo doveva essere fatto attraverso una regia regionale, che vi è stata illustrata ieri, e un'adozione di piani di gestione uniforme di queste aree SIC e ZPS. Una cosa importante da segnalare è che queste aree che avete visto insistono, per larga parte, su superfici di proprietà privata.

In questo percorso è stato fatto un lavoro di condivisione e un'attività di approccio attraverso un processo di Agenda 21 locale. Sono state utilizzate delle tecniche per analizzare i punti di criticità e alla fine si è arrivati ad una definizione cartografica delle aree. Poi, abbiamo definito le azioni gestionali. Queste azioni gestionali, proprio per questa necessità di coordinamento e di regia regionale, sono state suddivise in quattro grandi categorie: azioni vietate, azioni da incentivare, azioni che abbisognano di una valutazione di incidenza e azioni di monitoraggio.

Il risultato delle attività tecnico-scientifiche ha portato, poi, ad una elaborazione di queste azioni. Ovviamente,

NOME SITO	Superficie sito (ha)
Ansa degli Ornari	197.99
Boschi e brughiere di Pod. Pianello e Farneto	325.67
Boschi a farnetto di Collestrada	78.06
Boschi dell'Alta Valle del Nestore	2825.89
Boschi di Castel Rigone	866.45
Boschi di Ferretto – Bagnolo	1931.68
Boschi di Pischiello - Torre Civitella	1314.04
Boschi e brughiere di Panicarola	141.63
Boschi Sereni - Torricella - S. Biagio della Valle	257.83
Lago Trasimeno	12863.55
Monte Malbe	983.20
Monte Marzolana – Montali	747.24
Totale complessivo	22533.23

Fig. 1
Aree e siti di interesse comunitario

nella gestione di questi aspetti, abbiamo tenuto conto di alcuni principi generali, quali la sovrapposizione della delimitazione territoriale del SIC-ZPS con lo specchio lacustre; questi SIC e ZPS non combaciavano, perché le motivazioni di queste due aree sono diverse da un punto di vista naturalistico, però nei rapporti con i sistemi della pianificazione si potevano accorpare. Abbiamo fatto una approfondita analisi delle problematiche e delle criticità derivanti dalle attività umane e abbiamo condiviso le scelte strategiche con i vari livelli di pianificazione. Siamo stati molto attenti alla salvaguardia delle specie e degli habitat prioritari presenti, perché la funzione del piano di gestione è proprio questa. Tutte queste azioni vanno ad interagire con le problematiche di settori, quali: agricoltura, pesca, turismo, cave, inquinamento ecologico, impedendone, a volte, la presenza all'interno di habitat specifici presenti nel sito o in tutto il sito stesso. Ovviamente, una particolare attenzione è stata posta anche alla relazione con i vari strumenti di pianificazione urbanistica e con alcune attività socio-economiche.

Faccio alcuni esempi: l'Isola Polvese, l'area dell'ex-aereoporto, alcune aree urbanizzate a Passignano e Castiglione del Lago, hanno una interazione con questa programmazione e questa pianificazione.

Per quanto riguarda invece il parco del lago Trasimeno, come dicevo prima, la questione è ancora più articolata. Questo parco è stato istituito dalla Regione nel 1995. È uno dei sei parchi regionali, ed è quello più esteso perché comprende tutto lo specchio lacustre. Una delle particolarità di questo parco è rappresentata dalla sua conformazione che è sovrapponibile allo specchio lacustre e poco più. Questa è una contraddizione dal punto di vista tecnico, perché in questo caso, molto spesso, le condizioni naturalistiche e ambientali del lago sono direttamente conseguenti alle attività umane presenti nel bacino imbrifero. Per cui la convergenza di queste azioni con il sistema agricolo, turistico e con la presenza umana, è sicuramente decisiva.

Purtroppo il parco ha questo limite. Inoltre, il parco, nato nel 1995, non ha ancora il suo piano approvato. E questo comporta diversi problemi a livello di pianificazione.

Dal 2009 stiamo cercando di dare vita a questo percorso di costruzione del piano utilizzando anche la procedura di Valutazione ambientale strategica (Vas). La Vas viene utilizzata sia per fare una valutazione delle peculiarità ambientali, sia per accelerare il processo di approvazione del piano. Oggi abbiamo ultimato una prima fase del lavoro e, insieme ad un gruppo di lavoro interdisciplinare – che in molti casi coincide con coloro che hanno partecipato alla redazione dei piani gestionali delle aree SIC e ZTS –, siamo arrivati alla definizione di un piano del parco, valido anche da un punto di vista tecnico-scientifico.

E' necessario anche sottolineare che le azioni del piano del parco devono essere strettamente connesse con i piani regolatori attualmente adottati e con i vari livelli di pianificazione sovraordinati.

Obiettivo centrale del piano del parco deve essere la realizzazione di uno strumento di governo del territorio in grado di garantire la conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità e delle risorse ambientali, paesaggistiche e culturali. Questo è il cuore della questione.

In questa elaborazione è stata fatta anche un'analisi degli aspetti socio-economici ed è stata provocatoriamente formulata una proposta: siccome su

questo tema della perimetrazione sentivamo l'esigenza di capire se fosse possibile allargare l'orizzonte di interesse del parco, sono stati ipotizzati degli scenari e intorno a questi scenari, è stata definita la possibilità della presenza – perché la normativa ce lo permette – di aree contigue. Queste aree contigue potrebbero o dovrebbero essere utilizzate, nel nostro intendimento, per incentivare buone pratiche rispettose dell'ambiente.

In base a questi elementi sono stati redatti dei documenti tecnici ed è stata fatta anche una zonizzazione basata su ciò che è stato definito nel corso degli anni dalla legge regionale, dal PS2 o dal piano stralcio, che aveva individuato nelle sue norme tecniche di attuazione alcune questioni legate al bacino lacustre e anche, per esempio, all'Isola Polvese e all'area dell'ex-aereoporto.

Oggi siamo nella fase finale di controllo di questa elaborazione e della concertazione con due amministrazioni che sono, a vario titolo, coinvolte: la Regione Umbria, per la questione della Valutazione ambientale strategica, e la Provincia di Perugia perché sarà l'ente che dovrà poi approvare il percorso e il piano del parco. In ultimo è necessaria una verifica sulle conseguenze che si possono produrre sull'attività venatoria, con le attività di incentivazione delle aree contigue.

I compiti del parco sono già stati individuati e qui sono elencati. Faccio presente che attualmente il parco del lago Trasimeno vive con 50.000 euro, e fino all'anno scorso con 20.000 euro all'anno.

In sostanza, stiamo programmando un'attività di pianificazione, ma con queste risorse, poi non avremo gli strumenti concreti per poterla attuare. Il problema delle risorse è una questione molto ricorrente, anche per l'aspetto della pianificazione delle aree SIC e ZPS, perché sostanzialmente in queste due aree sono previste dal Piano di sviluppo rurale, delle specifiche azioni per incentivare le aree naturalistiche, ma ancora non hanno ancora trovato attuazione. Per incentivare le buone pratiche e le attività gestionali compatibili con gli indirizzi dei piani gestionali delle aree SIC e ZPS sarà necessario operare una seria pianificazione a livello regionale, perché, per quanto riguarda il piano del parco, bisogna che qualcuno finanzi queste attività, che hanno evidentemente un costo.

Per chiudere, volevo far presente che la Comunità Montana svolge sullo specchio lacustre attività gestionali di grande importanza, una delle quali è la manutenzione della rete idraulica e delle sponde del lago Trasimeno, e ricordare che 10 giorni fa c'è stata l'inaugurazione della condotta del Montedoglio, e adesso stiamo realizzando l'ampliamento della rete irrigua del lago Trasimeno.

La realizzazione della pista ciclabile lungo il lago Trasimeno indica che non ci stiamo muovendo solo verso la gestione naturalistica, ma operiamo anche in settori economicamente strategici per il lago, quali il turismo. Nel settore della progettazione attualmente abbiamo 4 progetti europei legati allo studio sui cambiamenti climatici. Inoltre, stiamo lavorando a due progetti in *intelligent energy* e ad un progetto *Life* ambiente che analizza in che modo il comportamento delle aziende agricole si relaziona con le tematiche del cambiamento climatico. In ultimo, faremo *audit* energetici per cercare di indirizzare alcune aziende agricole verso la sostenibilità ambientale. Venticinque aziende agricole saranno coinvolte in questo progetto, per cercare di capire qual è il rapporto tra produzioni agricole e formazione dei gas a effetto serra.

Gianluca Paggi

Provincia di Perugia

Pianificazione e gestione ambientale nel bacino del Trasimeno

Sulla pianificazione comunale e su ciò che attiene alle competenze della Provincia sui piani regolatori doveva intervenire l'architetto Di Benedetto e quindi la loro analisi verrà rimandata ad un'altra occasione.

Io invece vorrei parlare essenzialmente della gestione idraulica del bacino del lago. Avrei voluto preparare questo intervento in maniera più approfondita, però, da domenica, siamo in una situazione di emergenza meteo per quanto riguarda i corsi d'acqua e in particolare quelli che interagiscono con il lago Trasimeno perché, come vedremo in seguito, c'è un sistema artificiale di canali che va tenuto in costante equilibrio tra la capacità di afflusso dell'acqua e la sicurezza delle popolazioni, poiché questi canali, in alcuni tratti,sovrastano le abitazioni di 4-5 metri.

Vorrei partire da lontano avvalendomi anche di alcuni dati elaborati dal professor Dragoni. La prima cosa che si nota rispeto al Trasimeno è che l'area dello specchio è molto grande rispetto all'area del bacino imbrifero vero e proprio, perché praticamente il lago occupa circa la metà del bacino imbrifero, e questa è una situazione anomala per un lago così grande.

La ricostruzione dei livelli idrometrici documentati a partire dal 1400, sempre sviluppata dal professor Dragoni insieme ad altri ricercatori, mostra che i problemi del lago Trasimeno risalgono sostanzialmente alla fine del 1800. Questa ricostruzione evidenzia le grandi oscillazioni che il lago Trasimeno ha avuto nel corso degli anni, che sono sempre state molto importanti e legate a periodi più o meno siccitosi. Sicuramente il punto critico si evidenzia con la costruzione del nuovo emissario, che ha poi portato alla grande crisi degli anni '57-'58, fino ad arrivare alle ultime crisi del 2000-2003. L'emissario medievale, realizzato nel 1400 da Braccio Fortebraccio, è stato il secondo tentativo - i primi sono addirittura etruschi e romani - di stabilizzare il livello delle acque. Il canale non ha mai funzionato adeguatamente per le sue modeste dimensioni.

Una cosa interessante è che il problema delle piene venne affrontato anche da Leonardo, nella famosa carta a volo d'uccello della Valdichiana, infatti, in questa rappresentazione, sembra che il lago Trasimeno abbia quattro isole, in realtà ne ha tre, questa area evidenziata in basso è invece Castiglione del Lago. In quel periodo il lago era evidentemente molto più alto e si può vedere che già esisteva l'emissario.

È opportuno forse ricordare che alla fine del 1800, dopo l'Unità d'Italia, venne concessa a Camillo Bonfigli la possibilità di bonificare il lago, di asciugarlo. La salvezza del lago è dovuta al Municipio di Perugia, che si oppose in maniera strenua a questa possibilità.

A seguito di questa decisione venne istituito il Consorzio per la sistemazione del Trasimeno e fu realizzato il nuovo emissario, che è quello che ha determinato un abbassamento del livello zero idrometrico; poi questo zero ha subito anche un paio di modifiche al ribasso, anche perché sono state recuperate notevoli porzioni di terreno agrario, cosa che all'epoca era molto importante. Porzioni di terreno che, alcuni sostengono, furono acquisite quasi gratuitamente dai frontisti.

Qui si possono vedere alcune foto sulla siccità degli anni '50 (fig. 1): ecco Passignano - si riconosce la rotonda e la fognatura del paese che va direttamente dentro al lago. Qui siamo a San Feliciano, questo è Monte del Lago. Qui siamo a Tuoro. Con questa crisi ci si trovò di nuovo al bivio: asciugarlo o salvarlo? Prevalse ancora la seconda opzione e il Ministero dei Lavori pubblici realizzò un progetto che portò, nel 1962, all'allacciamento dei canali Rigomaggiore-Tresa, che erano stati deviati nel 1500 proprio per problemi di acque alte e che anticamente erano il vero problema del lago. Fu allacciata anche una quota parte del Moiano-Maranzano e il bacino

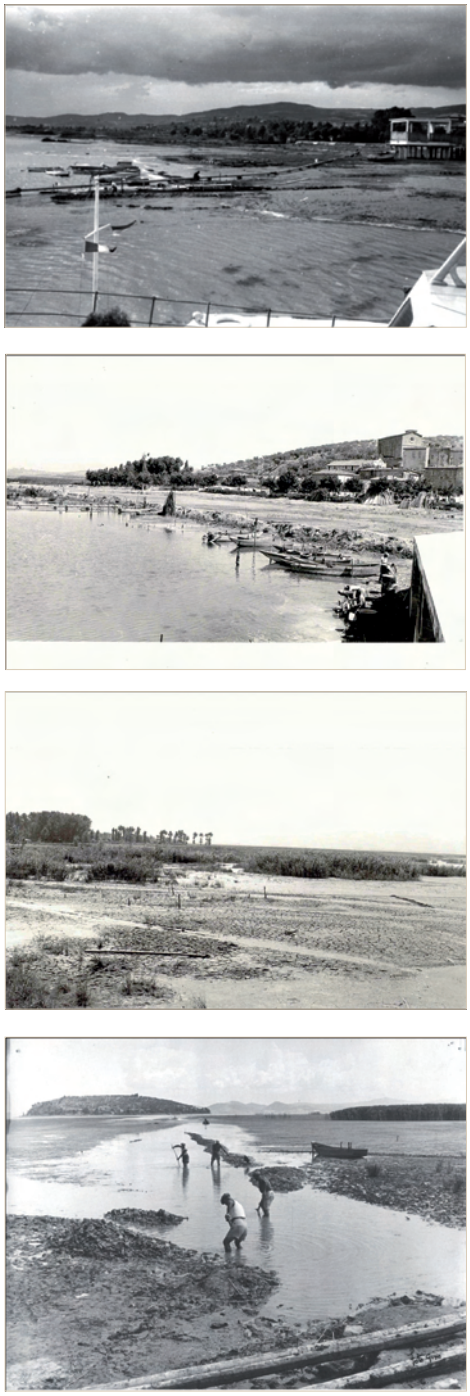


Fig. 1

La siccità degli anni '50. Nell'ordine: Passignano 1956, San Feliciano 1956, Monte del Lago 1856, Tuoro 1958

aumentò di circa 75 km quadrati. È facile vedere, anche da queste due immagini (fig. 2) come l'incremento di bacino sia significativo e rappresenti circa un terzo dell'ampliamento del bacino naturale.

La deviazione è stata fatta attraverso opere idrauliche e canali artificiali, (sono quelli prima menzionati), che durante le fasi di piena creano qualche problema.

In questo grafico (fig. 3) è facile vedere la simmetria fra l'andamento delle precipitazioni e il livello del lago.

Un valore significativo è dato dalla pioggia critica, che il professor Dragoni ha individuato in circa 700 mm/anno, e rappresenta la quantità di pioggia necessaria per mantenere il livello in equilibrio nell'arco di un anno.

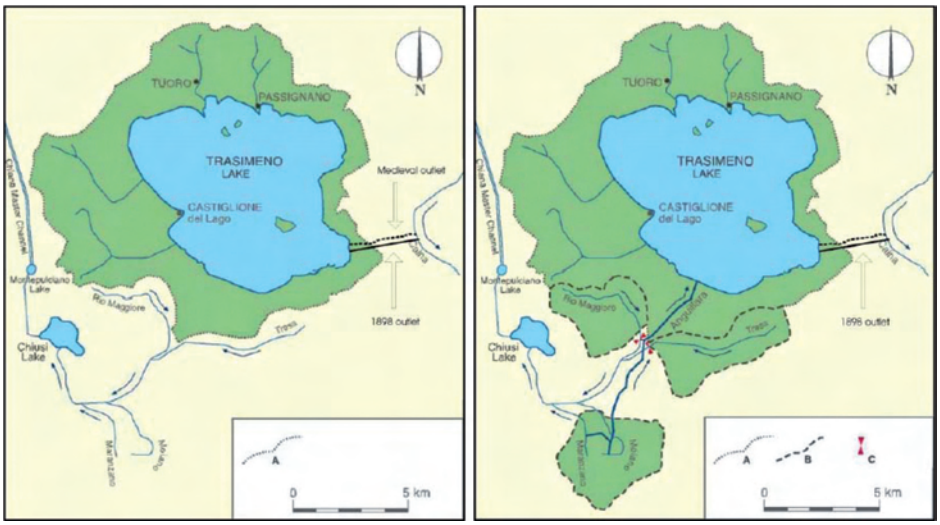


Fig. 2

Tratto da Dragoni W. (2004): Il Lago Trasimeno e le Variazioni Climatiche. Progetto informativo dell'assessorato all'Ambiente della Provincia di Perugia, Servizio Gestione e Difesa Idraulica, Perugia

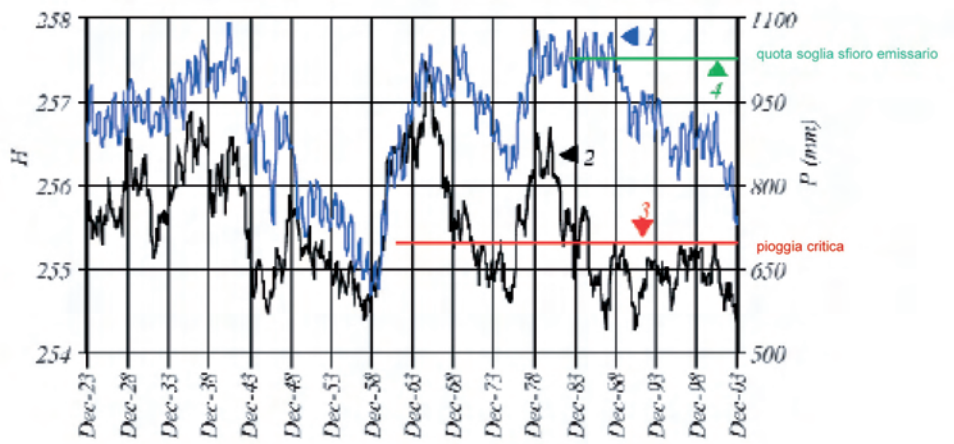


Fig. 3

Tratto da Dragoni W. (2004): Il Lago Trasimeno e le Variazioni Climatiche. Progetto informativo dell'assessorato all'Ambiente della Provincia di Perugia, Servizio Gestione e Difesa Idraulica, Perugia

Questo dato è importante perché se prendiamo le piovosità dal '62 al '80, vediamo che il livello si è mantenuto sostanzialmente sempre sopra alla soglia critica. Se invece prendiamo le piovosità fra il '90 e il 2008, il livello è rimasto sempre al di sotto. Solo grazie a tutti gli interventi di manutenzione effettuati, l'abbassamento di livello è stato contenuto. Gli interventi di questi ultimi due anni, poi, hanno contribuito al miglioramento della situazione. Queste che vedete nella diapositiva sono le opere idrauliche (fig. 4). Questo in alto è il cosiddetto canale dell'Anguillara, e quando abbiamo eventi di piena porta fino a 100 m^3 al secondo.

Normalmente ci sono dei punti critici che sono dati dai ponti e dall'altezza degli argini; oltre quei livelli è impossibile andare e il canale va contenuto, controllato e gestito attraverso queste opere che sono le paratoie, e hanno la possibilità di indirizzare il flusso o verso il lago Trasimeno o verso il lago di Chiusi.

Quindi, attraverso la regolazione di questi sistemi, è possibile gestire i flussi in arrivo da monte verso il lago di Chiusi o il lago Trasimeno. È chiaro che in condizioni ordinarie le paratoie sono sempre e solo aperte verso il lago Trasimeno per intercettare tutti i flussi. Solo in condizioni estreme, se il ponte va in pressione o ci sono problemi con le abitazioni, è necessario far defluire l'acqua verso Chiusi.

Quando abbiamo piovosità tipo quelle di questo periodo, l'efficienza di drenaggio del bacino, grazie agli interventi di manutenzione effettuati dalla Provincia sui suoi canali di competenza, e la Comunità Montana sui suoi canali di competenza, raggiunge valori molto elevati, dell'ordine di 0,50. Un coefficiente di deflusso maggiore di 0,50, significa che il 50% di tutto quello che piove sul bacino arriva al lago. Una cosa interessante è che negli ultimi 10 giorni il lago è salito di 30 cm, che corrispondono a volumi dell'ordine di 40 milio-

Fig. 4
Canale artificiale Anguillara

ni di metri cubi. Quindi parliamo di valori molto importanti.

Il quadro di riferimento prima è stato elaborato dal dottor Montagnoli, quindi superiamo quella parte, e andiamo ad analizzare quali misure sono state adottate negli anni di crisi. Dal 2003 al 2005, quando la presidente della Regione Maria Rita Lorenzetti è stata nominata commissario straordinario, sono stati effettuati tutta una serie di interventi, per una spesa totale, considerando l'arco di tempo 2003-2009, di circa 9 milioni 800 mila euro.

Del PS2 (Piano stralcio per il Trasimeno), che è già stato trattato in altri interventi, è necessario ricordare che ci sono tutta una serie di attività previste e gran parte di queste sono state realizzate o quantomeno avviate, anche se non completate.

La Provincia ha elaborato anche il progetto di sviluppo nell'area del Trasimeno (PSAT) che individua una serie di assi di intervento, quali: la gestione del bilancio idrico, l'attività agricola, ittica e di pesca, la pianificazione e quant'altro. In tutto sono otto gli interventi.

Probabilmente potremmo ripartire proprio da PSAT e, eventualmente, svilupparlo e integrarlo anche alla luce del piano del parco di cui parlava prima il dottor Montagnoli.

Nell'ambito delle attività di gestione vere e proprie, anche insieme alla Regione Umbria, abbiamo individuato una serie di "famiglie" di interventi, che vanno dalla manutenzione delle aree spondali fino ai prelievi idrici. Questo perché le risorse sono sempre meno e alla luce delle ordinanze che sono già state emanate e delle risorse economiche messe a disposizione attraverso le ordinanze, l'idea era quella di individuare una serie di interventi pluriennali (3-5 anni) nell'ambito di queste famiglie in modo di dare una continuità a queste opere. La manutenzione delle aree spondali è un'attività che fa prevalentemente la Comunità Montana, riguarda le zone antropizzate, le attività economiche, i paesi e quant'altro; è un lavoro molto complicato e viene fatto prevalentemente a mano. Si tratta della pulizia generale delle zone per evitare che il problema di insetti, cattivi odori, ecc.

Poi c'è l'approfondimento dei fondali e la manutenzione delle rotte di navigazione. L'approfondimento dei fondali rappresenta forse uno dei nodi principali per ciò che riguarda la manutenzione del lago Trasimeno, perché per quanto riguarda il dragaggio, la normativa non è chiara. Sono possibili due livelli di interpretazione, tutti e due legittimi. Uno, che è quello che abbiamo sposato noi, si riferisce all'art.185 del D.Lgs.152/06, e prevede di escludere il materiale di dragaggio dal titolo IV, dai rifiuti, perché si tratta di materiale proveniente dalla manutenzione di canali di scolo, ecc. L'altra interpretazione, invece, sostiene che sul Decreto ministeriale del '98 e comunque sui codici, il fango di dragaggio viene individuato come rifiuto.

Questo è un problema non banale, perché se viene sposata la filosofia del rifiuto, ancorché non inquinato, perché tutte le analisi che sono state fatte dimostrano che sostanzialmente si tratta di terreno sostanzialmente vegetale, il riutilizzo di questo materiale è vincolato a 4 categorie che vanno dal riempimento di terrapieni fino a sottofondi stradali. A seconda dell'interpretazione, quindi, il materiale avrà destinazioni e usi diversi. Ovviamente la flessibilità di utilizzo del materiale daragato permetterebbe un risparmio economico e ambientale. Questo è un problema non ancora risolto a livello nazionale, per cui anche noi siamo in questo limbo. Un problema simile, che è stato risolto

dalle ultime modifiche del D.Lgs.152, riguarda il materiale vegetale che viene tagliato - come le macrofite -, per lasciare libere le rotte di navigazione. In questo caso, ancora oggi è possibile utilizzarle come materiale organico nell'ambito delle pratiche agricole.

Se il livello del lago è basso le rotte dovrebbero essere dragate sistematicamente.

Noi non vogliamo dragare senza necessità, perché è un'operazione costosa e difficile. Meno riusciamo a farlo e meglio è, ma questo dipende dall'altezza del lago, con i livelli attuali, per esempio, non sarebbe necessario. Alcuni esempi sono Castiglione del Lago, porto e zona di approdo dei traghetti pubblici. Altre zone le abbiamo a Tuoro, Isola Maggiore, Passignano. Passignano, per esempio, è un caso particolare, perché prima del dragaggio la zona andrebbe addirittura bonificata dagli ordigni bellici.

Il problema a Passignano è dove posizionare il materiale dragato. Una volta dragato il materiale andrebbe portato in dei laghetti, ma per realizzare i laghetti non abbiamo terreni sufficienti disponibili. Quindi andrebbero espropriati, con costi che non sono secondari perché volumi in gioco sono particolarmente importanti.

Poi abbiamo tutta una serie di problemi legati alla manutenzione delle opere esistenti sul lago, perché tutti gli interventi risalgono sostanzialmente agli anni '50-'60.

Questa è la situazione di Passignano, come vedete la situazione è un po' come quella dei condomini, un pontile è grande come un condominio, ma non lo si percepisce perché è in orizzontale, non è un palazzo verticale. Ma i costi sono gli stessi e le problematiche sono simili. Interventi di questo tipo sono molto costosi.

Nella manutenzione dei corsi d'acqua esistono competenze della Provincia che riguardano tutti i canali artificiali, competenze della Comunità Montana che riguardano i corsi d'acqua secondari, poi c'è tutta una parte di competenze private sulle quali l'ente pubblico non può intervenire, ma che rappresentano, comunque, un elemento fondamentale nella gestione del territorio. Lì è necessaria una sensibilizzazione dei proprietari.

Probabilmente alla riunione dell'Osservatorio sulla biodiversità, ci sono stati parecchi che hanno storto il naso sul tipo di gestione dei canali artificiali, però purtroppo questi sono stati costruiti negli anni cinquanta e le pendenze sono così basse che se il canale non fosse rivestito, probabilmente non riusciremmo a portare una quantità d'acqua adeguata.

Questa immagine (fig.5) raffigura una delle attività sviluppate nell'ambito del PS2; è una vasca di intercettazione del trasporto solido, dove arrivano, come si può vedere, i canali artificiali. Questo è uno dei canali artificiali che deriva direttamente dal Tresa e questo è il Moiano che viene da Città della Pieve. Quando l'acqua arriva qui dentro riduce la sua velocità e deposita una parte del suo trasporto solido. Nel tempo questa

Fig. 5

Opera per l'intercettazione del trasporto solido dei canali artificiali Moiano e Tresa

zona è diventata anche interessante da un punto di vista faunistico.

La lotta integrata ai chironomidi è un'attività che cerca di contenere, nell'ambito di valori fisiologici, la popolazione di queste famiglie che riveste una grande importanza nella catena ecologica.

Altri problemi di gestione del lago sono legati all'incuria, perché l'eliminazione di tutto il materiale abbandonato è costosissimo. Per intervenire in acque basse, si devono usare mezzi particolari. Rispetto alla navigazione pubblica, speriamo di andare verso l'acquisto di natanti tecnologicamente avanzati, ma anche qui i costi sono altissimi.

Finalmente è arrivata l'acqua di Montedoglio nel comprensorio nord. Attraverso le politiche e le azioni sviluppate di concerto con la Regione Umbria, il totale dei prelievi dal 2000, che era dell'ordine di 5 milioni e mezzo (circa 5 cm del lago), è arrivato a valori dell'ordine di 900.000 m^3. Un grosso contributo alla diminuzione di questi prelievi lo ha dato anche l'allacciamento dell'acquedotto di Castiglione del Lago alla rete pubblica. Mentre l'agricoltura ha ridotto sempre di più la richiesta di acqua. Di questi 900.000 m^3 circa 300.000 riguardano il comprensorio nord e saranno coperti da Montedoglio. L'anno prossimo anche gli altri saranno coperti dall'apporto dell'invaso. Nei prossimi tre anni sono previsti una serie di interventi che sono stati concordati con la Regione e con i Comuni e riguardano la manutenzione e le altre attività che abbiamo visto.

Riguardo alla balneabilità penso con soddisfazione alla Goletta dei laghi 2010, che ha classificato il Trasimeno come l'unico lago senza punti critici.

Vorrei però chiudere con una vicenda che risale al 1639 e dimostra che all'epoca l'attenzione sul lago Trasimeno era molto alta.

Padre Benedetto Castelli scriveva a Galileo Galilei, confrontandosi su uno strumento che aveva inventato. Benedetto Castelli viveva a San Pietro e con questa lettera, che è stata recuperata da padre Martino Siciliano, di fatto intendeva confrontarsi con il grande scienziato pisano sul pluviometro. Quindi il primo strumento per misurare la quantità di pioggia caduta è stato inventato a Perugia.

Nella lettera, redatta nel 1639, appunto, padre Castelli scriveva che si trovava a Perugia, avendo inteso che il lago Trasimeno per la gran siccità si era abbassato assai e commentava che: "per rispetto che l'acqua solita di uscire dal lago fa macinare 22 moli di molini per le quali non macinando è necessario camminare lontano una giornata e più per macinare al Tevere".

Anche allora, però, c'era chi metteva in dubbio tale asserzione, e sosteneva: "Allora m'avvidi che questo grand omo formò concetto di me che io fossi assai debole di cervello. Dicendogli che colui che aveva una grande esperienza del lago, che ogni giorno ci si trovava sopra, era molto ben sicuro che non era cresciuto niente". Quindi, che quello sosteneva padre Benedetto Castelli era sbagliato. I problemi del Trasimeno vengono da lontano. E, aggiungo io, si potranno risolvere solo se riusciremo ad unire tutte le forze, e a coordinare gli sforzi.

Ed in particolare, bisogna che chi mette le mani sul territorio lo faccia in modo ragionato.

Angelo Viterbo

Regione Umbria

La pianificazione e le azioni della Regione Umbria per la salvaguardia del lago Trasimeno

Ringrazio Arpa per averci permesso di fare il punto sulla situazione a dieci anni dall'edizione del Piano stralcio del lago Trasimeno, che a mio avviso rappresenta il punto fondamentale della pianificazione regionale.

A seguito della legge 183 del 1989, la Regione non può più pianificare il suo territorio se non insieme alle altre Regioni facenti parte della comunità di bacino del Tevere.

La Regione Umbria ha fortemente voluto, come contributo al Piano di Bacino Nazionale, un'anticipazione sul Piano stralcio del Trasimeno. Questo è importante, visto che il piano è stato elaborato nel 2000 e, dal punto di vista amministrativo, si è concluso nel 2002.

Dobbiamo qui riflettere sugli interventi da mettere in campo nel futuro. Il piano aveva identificato due aspetti importanti: uno legato ai livelli del lago, l'altro connesso alla qualità. Sono stati così previsti, insieme ad un aspetto normativo, anche interventi finalizzati a ridefinire l'equilibrio tra l'uso delle acque e quello del suolo. Sono previste, inoltre, misure dirette a fronteggiare problemi contingenti legati alla quantità e qualità della risorsa idrica disponibile e, chiaramente, anche delle opere attuate.

Oggi, a dieci anni dalla redazione del piano, possiamo tracciare un bilancio di ciò che è stato fatto.

Le azioni "regionali" (cioè che hanno coinvolto tanti altri enti quali la Provincia, l'Ente Parco e così via) erano legate ad emanazioni di disposizioni concernenti l'attuazione di piani di settore urbanistico, il censimento di laghetti di accumulo - in quanto nell'ambito del piano era stata vista la necessità di capire quant'acqua arrivava al lago -, le disposizioni di trasposizione cartografica nell'ambito dei limiti delle fasce che erano state individuate dal piano, il piano forestale, e quello del parco. Tutti questi atti sono già cogenti e rappresentano la base sulla quale si è operato in questo tempo.

Per quanto riguarda la qualità delle acque, il problema è legato al fatto che il lago Trasimeno è un lago poco profondo, a rischio di eutrofizzazione. I problemi del lago Trasimeno sono legati al fosforo e all'azoto, quindi ai nutrienti; già prima dell'approvazione del D.Lgs. 152/06, infatti, il bacino lacustre era stato definito area sensibile e quindi tutta la parte di bacino scolante era stata organizzata come area vulnerabile.

Su questa impostazione, nel 2005, venne redatto il piano d'azione da parte della Regione che, insieme ad Arpa, ha definito il Programma d'azione, quale strumento in grado di dare un equilibrio tra l'utilizzazione dei fertilizzanti e la richiesta da parte delle colture, in modo tale da garantire che ci fosse un giusto bilanciamento tra i nutrienti che si immettevano sul territorio e la capacità delle piante di assorbirli, diminuendo così gli apporti al terreno, e quindi al lago.

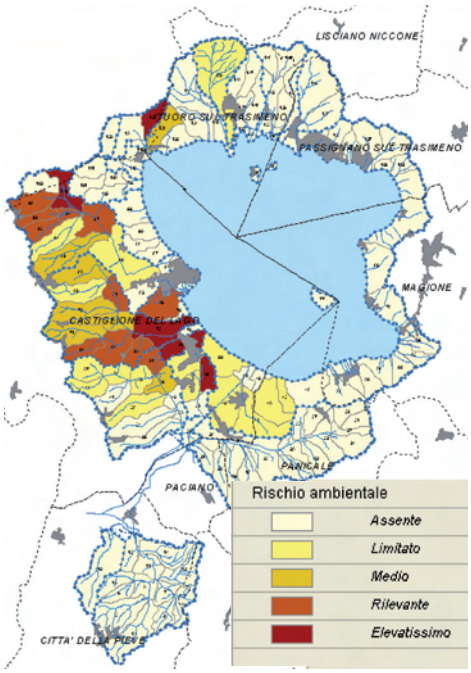


Fig. 1
Aree di criticità del lago Trasimeno

Per questa azione è stato fondamentale il Piano di utilizzazione agronomica. Un metodo innovativo che definiva la possibilità di utilizzo agronomico dei terreni. Il piano aveva l'obiettivo di definire il corretto effetto concimante, l'uso di appropriate tecniche di distribuzione, l'equilibrio tra l'azoto apportato al terreno e i fabbisogni delle colture, tutto legato alla tutela dei corpi idrici e al rispetto delle norme igieniche sanitarie e urbanistiche.

Quello che si è riscontrato nel 2008 è che, nonostante un piano molto rigido che definiva un percorso virtuoso, esistevano ancora criticità.

Il passaggio tra smaltimento e utilizzazione agronomica, quindi, necessitava ancora di correzioni. Allo stesso tempo, nonostante l'applicazione del Piano di utilizzazione agronomica, i dati che Arpa forniva nel 2008, mostravano che il terreno, a fine coltivazione, faceva registrare ancora valori elevati di azoto. Come si può vedere nella diapositiva (fig. 1) secondo il rapporto di Arpa del 2008, queste erano le aree a criticità elevata legate ad un utilizzo agronomico in particolar modo dei reflui zootecnici. In rosso scuro, marrone scuro e marrone, sono contrassegnate le zone a rischio altissimo, rilevante e medio. Questi dati sono stati poi confermati dalle analisi sulla qualità delle acque dei corsi d'acqua in questa zona. Il Paganico, per esempio, ma ce ne sono altri, aveva valori di circa 10 milligrammi/litro in media di azoto. Un altro problema riguarda gli allevamenti di suini che, nonostante nelle altre aree critiche diminuiscano, ad oggi, nel 2010, in questa zona sono aumentati raggiungendo gli 85.000 capi.

Le misure correttive adottate sono state affidate al piano di tutela che ha terminato il suo percorso a fine dicembre del 2009. Un percorso lungo, che

però ci ha permesso anche di adottare provvedimenti importanti e necessari. A questo proposito sono state adottate apposite misure per quanto riguarda la realizzazione delle fasce filtro e l'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, in modo da potere rimodulare e migliorare i programmi di azione per le zone vulnerabili, e disciplinare l'utilizzo dei prodotti fitosanitari.

Quello che vorrei sottolineare, proprio riguardo ai i correttivi, è la misura Q34 per l'incentivazione e la realizzazione di sistemi di trasformazione di effluenti suinicoli attraverso le migliori tecniche disponibili.

Nella misura si prevede l'introduzione di sistemi di trasformazione degli effluenti liquidi in effluenti solidi mediante tecniche di compostaggio e su paglia, secondo quanto previsto dalle migliori tecniche per tutti gli allevamenti suinicoli con stalle sopra ai 250 UBA. Il provvedimento, inoltre, prevede per le aziende l'obbligo, in caso di utilizzazione agronomica, di acquisire la disponibilità dei terreni per almeno tre anni e di ricorrere alle migliori tecniche disponibili per la loro utilizzazione. La misura prevede anche l'introduzione del Documento unico di comunicazione da compilare, tramite apposita procedura informatizzata, al fine di migliorare l'efficienza della pubblica amministrazione. Infine, si prevede la presentazione del Piano di utilizzazione agronomica, sottoscritto da tutti i soggetti responsabili dell'intero ciclo, in modo da garantire che dal produttore fino all'utilizzatore agronomico ci sia una sinergia per il raggiungimento dell'obiettivo. A tutto ciò deve far seguito anche l'implementazione dei controlli e dei monitoraggi.

L'altra misura che tocca questo territorio è la fissazione dei limiti massimi di capi suini installabili. La misura prevede che l'autorizzazione per nuovi allevamenti suinicoli per i comuni di Castiglione del Lago e di Magione, venga subordinata ad una verifica di sostenibilità ambientale comprensiva della valutazione dell'effetto di accumulo del carico equivalente nel bacino idrografico del corpo idrico ricettore. Tale verifica è sottoposta a parere obbligatorio dell'Autorità ambientale competente.

È chiaro che per quanto riguarda gli impianti soggetti a Via, la verifica di sostenibilità è ricompresa nella stessa procedura.

Insieme agli aspetti qualitativi legati al comparto agro-zootecnico, il piano di tutela dà una risposta anche al Piano stralcio del Trasimeno, mirato al contenimento degli apporti di fosforo e azoto dal civile.

E su questo, la Regione Umbria, nell'ambito degli interventi previsti nel piano, ha approvato e finanziato, insieme al Ministero dell'Ambiente, un intervento strategico, che dà un forte impulso alla mitigazione di questo impatto, in quanto intercetta, con il sistema fognario, tutte le reti scolanti che vanno sul lago, il 90% di fosforo e azoto e poi li porta alla depurazione nella località Madonna del Soccorso. Una depurazione spinta che permette di garantire il minor impatto possibile.

Il secondo lotto prevede anche l'utilizzazione agronomica di ciò che esce dal depuratore. L'aspetto legato al Piano stralcio del Trasimeno che è stato oggetto anche della nostra pianificazione, è rappresentato dalla determinazione dei prelievi. Dalla tabella (tab. 1) si può vedere che dai 6 milioni di metri cubi circa che si consumavano nel 2000, si è arrivati all'azzeramento dei prelievi.

Il piano regionale acquedotti trova la sua conclusione nel 2007, ma già nel 2005 era stato realizzato l'intervento di eliminazione dei prelievi dal lago per uso idropotabile.

Non dimentichiamoci che stiamo parlando di un piano del 2000 e siamo nel 2010.

Tramite l'Ufficio agricoltura della Regione e le sinergie messe in campo, si è riusciti a operare il collegamento con Montedoglio, investendo circa 150 milioni di euro, chiudendo così la questione dei prelievi dal lago per uso irriguo senza danneggiare i coltivatori. Quello che volevo dire prima di chiudere è che il Piano di bacino del Trasimeno, grazie anche al contributo di Arpa e di altri enti che fanno parte di questo sistema Trasimeno, è ben avviato e siamo a buon punto della sua realizzazione.

La maggior parte degli obiettivi che erano previsti nel piano, infatti, sono stati messi a regime.

Sulla qualità è stata data una forte risposta da parte del pubblico sulla depurazione civile.

Speriamo che anche questo intervento sia accompagnato dalla giusta attenzione da parte di chi deve poi applicare le norme previste dal piano di tutela per quanto riguarda gli apporti dei nutrienti da parte delle aziende agricole.

Tutto questo ormai rappresenta una base sulla quale confrontarsi per il nuovo piano di gestione al quale si dovrà dare rapida attuazione.

Adesso si tratta di capire se gli interventi che sono stati messi in campo in questo decennio hanno prodotto gli effetti attesi e vedere se questi interventi hanno risolto i problemi che abbiamo analizzato. Quindi ben venga un piano di gestione nuovo che, avendo a disposizione gli strumenti messi in campo, possa dare un futuro a questo lago.

Tabella 1 – Prelievi idrici dal lago Trasimeno

Anno	*Licenze per uso irriguo e diverso in m^3*	*Concessioni irrigue in m^3*	*Concessioni idropotabili in m^3*	*Totale m^3*
2000	2.236.120	1.807.761	1.700.000	5.589.320
2001	2.081.320	1.808.000	1.700.000	2.899.242
2002	116.242	1.083.000	1.700.000	3.717.441
2003	231.441	1.786.000	1.700.000	3.463.173
2004	293.173	1.148.048	1.700.000	1.935.243
2005	290.000	1.245.243	400.000	1.240.476
2006	187.220	1.053.256	========	1.164.600
2007	59.600	1.105.000	========	957.426
2008	200.946	756.480	========	dati parziali anno in corso

Tavola rotonda

Andrea Chioini (moderatore)
Speriamo di aver rispettato le prescrizioni molto precise del Direttore Piccioni. Anche il dott. Marchetti ci aveva chiesto di essere veloci. Voglio allora fare la parte di un Pierino non antipatico, un Pierino della società civile e che cerca di confrontarsi con i rappresentanti delle istituzioni sui temi oggetto delle relazioni presentate oggi – ed è stato fatto un lavoro sicuramente prezioso, che merita di essere ulteriormente divulgato, perché aiuta alla comprensione, alla consapevolezza ed evita il pressapochismo di quando non si è addetti ai lavori. Contemporaneamente, cerchiamo in questa di fare un po' da cerniera tra quelle che sono le valutazioni così come sono state elaborate e le azioni che è possibile mettere concretamente in atto. In fondo è questa la domanda che viene dalla società civile: bene, abbiamo letto, analizzato, ora come dobbiamo guardare al futuro? Ed è la domanda che rivolgo ai partecipanti a questa tavola rotonda, a partire dall'Assessore Cecchini. Assessore, ce facciamo a portare questo sistema – in questo caso Trasimeno – verso l'Europa, a cominciare dal rispetto delle normative e tenendo conto di quelle che sono le indicazioni dell'Europa, dal momento che l'Europa ci dà anche denaro? Come riusciamo a non perdere ulteriore tempo? Come riusciamo ad accelerare?

Fernanda Cecchini
Innanzitutto mi pare che questa occasione rappresenta un passo verso l'accelerazione. Il fatto di organizzare un incontro che mette a confronto idee, studi, ricerche, capacità, conoscenze, competenze e metterle insieme nel tentativo di sviluppare una sintesi e costruire una strategia condivisa. Secondo aspetto: io credo oggi più che 20 giorni fa che ce la possiamo fare perché quello che diamo per scontato e che abbiamo presentato come una semplice opera idraulica rappresenta invece, secondo me, un passaggio epocale. Portare l'acqua dalla diga di Montedoglio al Trasimeno, infatti, significa metterla a disposizione degli agricoltori che grazie a quest'opera non prelevano più quella del lago, impoverendo le falde

e, per questa via, l'intero territorio. Quest'opera rappresenta dunque una conquista di civiltà e segna la possibilità di iniziare concretamente a progettare un futuro del sistema lago fatto di agricoltura sostenibile, fatto di un'area parco da sostenere e rafforzare, fatto da accorgimenti e normative che tutelano il lago nel suo complesso. Questo ci può mettere nelle condizioni di essere in sintonia con l'Europa. Tra l'altro, le politiche agricole comunitarie, la nuova PAC ha presentato lo scorso 18 novembre un documento all'interno del quale c'è un qualcosa di profondamente nuovo rispetto al passato. Si affermano ad esempio alcuni principi fondamentali, a partire da quello che considera l'agricoltura come produttrice di beni pubblici, siano essi manutenzione del territorio, sicurezza alimentare o salute pubblica; questo ci mette nelle condizioni di agire in sinergia con l'ambiente, perché l'agricoltura, dal mio punto di vista, rappresenta il fattore principale della qualità dell'ambiente perché un'agricoltura ben fatta è senza dubbio garanzia di un ambiente sostenibile. E questo mi porta a dire che sempre di più, in futuro, ci sarà la possibilità di lavorare su questo versante, utilizzando nel migliore dei modi strumenti che già ci sono e che a maggior ragione ci saranno anche in futuro, proprio perché il contesto andrà ad incentivare anche la produzione di beni pubblici e il lago, oltre che essere un elemento di turismo, è un bene pubblico.

Andrea Chioini (moderatore)
Un aspetto che mi ha molto incuriosito della relazione del dott. Martinelli è quello relativo alla valutazione economica, alla corrispondenza in moneta corrente europea di un ettaro di area palustre: 9.000 euro/ettaro di valore. Quindi, oltre all'economia va in qualche maniera ad incrementarsi proprio il valore del patrimonio territoriale, il che non è secondario.

Fernanda Cecchini
Queste considerazioni mi portano a dire: partendo dall'esperienza di oggi, ovvero ragionando insieme, unendo esperienze, strumenti, risorse e competenze, penso si possa guardare ad un futuro in cui l'Umbria promuove se stessa facendo perno soprattutto sul sistema lago.

Andrea Chioini (moderatore)
Assessore Domenico Caprini, la Provincia ha una serie di deleghe che vengono da lontano, come quella della sistemazione idraulica o della difesa idrogeologica, che vengono addirittura prima dell'istituzione delle Regioni. Sul lago Trasimeno la Provincia di Perugia ha un ruolo e un peso particolari. Qui intorno le strutture di tutela, di difesa e di misurazione hanno tutte il logo della Provincia. Secondo lei, quello che in qualche modo era stato previsto nei decenni passati, lo possiamo considerare concluso? Prendendo sempre spunto dall'ultima relazione e dal discorso sulla depurazione, sull'allacciamento delle reti fognarie, sul fosforo e sulle componenti che ancora non hanno portato ad una qualità buona: ce facciamo a chiudere questo cerchio o no?

Domenico Caprini
Innanzitutto, va detto che la Provincia di Perugia è sempre stata protagonista delle politiche del lago. Lo è stata e lo sarà, questo è un'assoluta garanzia che voglio esplicitare qua oggi. Nello stretto rapporto che ha sempre avuto con gli indirizzi regionali e con la gestione quotidiana, insieme alle Amministrazioni comunali e ai diversi soggetti come le Comunità Montane e gli enti parco,

la Provincia ha in qualche modo interpretato un ruolo di coordinamento di area vasta, per cercare di mettere in pratica le diverse strategie e politiche dedicate all'area lacustre. Il discorso relativo agli scarichi e all'individuazione quindi di sistemi di depurazione e quant'altro, ad esempio, non è strettamente legato alla competenza provinciale. Ovviamente però noi siamo in contatto con le amministrazioni. Ho visto dai dati che c'è stato un netto miglioramento da quando c'è stato l'allaccio del depuratore di Castiglione del Lago nel 2007. Credo che dobbiamo continuare su questa strada per cercare di migliorare il più possibile la qualità dell'ambiente, in modo da poter restituire alla comunità lacustre e ai tanti turisti una dimensione che ha come punto di riferimento il rispetto ambientale. Riguardo a questo argomento stavamo prima facendo una riflessione anche con l'assessore regionale: i piani che derivano dall'80, le competenze alla Provincia sono state date sul lago Trasimeno, i piani anche regionali già con il 2004-2005, io ritengo che sia necessario aggiornare quei piani. Attualizzarli. Dal 2005 ad oggi son cambiate tante cose, sono cambiate le norme, ma sono cambiate anche le risorse destinate agli enti. Sono cambiate anche le sensibilità, è cambiato l'approccio politico delle amministrazioni ai temi veri; le scelte che quotidianamente siamo chiamati a fare non hanno più spazio per le sperimentazioni, dobbiamo utilizzare le poche risorse disponibili su questioni concrete. Ed è per questo che io, come Provincia, ho lanciato questa idea che ribadisco qui oggi: essendo un ente amministrativo di area vasta, ci proponiamo come soggetto che potrebbe coordinare un tavolo, di cui c'è bisogno, che attualizzi le politiche e consenta di ragionare da qui ai prossimi dieci anni, un tavolo coordinato da noi al quale partecipano Regione, Provincia, Comuni, le associazioni di privati, il settore turistico e quello economico. Tutti i soggetti che fanno riferimento a questo luogo, al lago, devono incontrarsi per aggiornare le proprie politiche e darsi delle scadenze, per poter essere maggiormente operativi e poter finalmente uniformare un'azione che – devo rilevare, anche perché ho fatto un minimo di ricerca a monte – può essere sembrata anche un po' discontinua, un po' slegata, un po' lasciata alla buona volontà dei vari soggetti senza coordinamento. Lo ribadisco, un'azione di coordinamento secondo me è fondamentale.

Andrea Chioini (moderatore)
L'idea di fare sistema, al di là dell'uso o dell'abuso che si può compiere di questa espressione linguistica, viene costantemente ribadita. Tra l'altro, non l'ho detto all'inizio e me ne scuso, stiamo cercando di concentrare il tempo delle risposte per far sì che arrivino delle domande anche dai partecipanti e da chi è presente in sala. Massimo Alunni Proietti, oltre ad essere sindaco di Magione, è il presidente della Conferenza dei Sindaci del lago Trasimeno. A parte questa ultima indicazione che è arrivata dall'assessore Caprini, voi sindaci, Proietti, siete in prima fila, rappresentate questa sorta di filtro tra quelle che sono le domande che emergono dal territorio. Ad esempio avete molto a che fare con le autorizzazioni, le pianificazioni urbanistiche, le richieste di licenze, anche per attività produttive che magari hanno una forte ricaduta e, magari, provocano anche una parte di quei problemi che sono stati così bene analizzati oggi. I sindaci hanno gli strumenti per contenere questa ansia che spesso è anche una pressione politica, una premura, no una pressione proprio poli-

tica della edificazione, della apertura di nuove installazioni anche zootecniche e quant'altro?

Massimo Alunni Proietti

La ringrazio per la domanda, anche se ho il sospetto che ha copiato i miei appunti, perché la mia risposta era tarata alla domanda che ha correttamente fatto. Oltre ad esprimere soddisfazione, come presidente della Conferenza dei sindaci, per questa iniziativa, devo registrare anche un'altissima qualità della ricerca, degli oratori, dei relatori e delle sintesi proposte perché il dibattito intorno alla vita, all'esistenza e al futuro del lago Trasimeno sta davvero emergendo e questa per noi sindaci è ovviamente una risposta positiva. Richiamando l'ultima frase del filosofo che diceva: "siamo tutti interdipendenti", voglio ribadire l'importanza del lavoro comune delle istituzioni ministeriali, della Regione, della Provincia, dei Comuni e di tutti quegli enti come Arpa e gli altri enti strumentali, che lavorano ed esercitano ogni giorno il controllo del territorio. Per tornare alla domanda, intanto mi giustifico per l'assenza di ieri, ma non la trovo come un alibi, ma come per dire che dopo tre giorni di emergenza e di crisi per la situazione meteorologica che ha colpito l'Umbria insieme a gran parte d'Italia, sta a dimostrare quanto sia ancora fragile il territorio e quante responsabilità abbia l'uomo di fronte a questa fragilità. Tant'è, ahimè, che c'è scappato il morto, e guarda caso si tratta di una persona che apparteneva all'associazione dei volontari. Come a dire che ancora, nelle calamità, i primi ad arrivare sul posto sono proprio loro. E questo la dice lunga sulla sinergia o sulla collaborazione tra enti che intervengono. Ma questa è una cosa di ieri. Oggi vado avanti e rispondo al quesito. È chiaro ed evidente che i sindaci, che sono spesso indicati come coloro che chiedono sempre soldi, vogliano oggi chiedere qualcos'altro. Di fronte alla pianificazione urbanistica, di fronte a quelle che sono poi le norme del territorio e le regole da rispettare e di fronte al numero di enti che sovrintendono sull'area del Trasimeno l'aspetto territoriale, quello ambientale e chimico, quello della navigazione, quello dell'agricoltura, quello della ASL e non so quanti ne posso aggiungere, vi dico la verità, per un sindaco ormai è diventato difficile ottenere un'autorizzazione per realizzare un'opera pubblica. Figuriamoci quant'è difficile per un imprenditore che da queste parti guarda verso il turismo, la ricettività, la valorizzazione degli aspetti ambientali, dalle colline alle sponde del lago. Ebbene, questo dribbling continuo dato dalle competenze e da deleghe frastagliate, distribuite e disseminate nei meandri della burocrazia, rappresenta un impedimento che non ha nulla a che fare con la mancanza di finanziamenti. Otteniamo risposte dopo semestri di conferenze di qua e di là, a seconda delle deleghe di ogni singolo ente. Dobbiamo allora costituire un ufficio, uno sportello, un punto in cui tutti i cittadini, il privati e il pubblico, amministratori e non, portano la loro pratica, il loro progetto. Dopodiché ci sarà qualcuno che raccoglierà i 18 pareri. 18 pareri, sì, non sono folle, vi posso dimostrare che a volte ci vogliono 18 pareri. O altrimenti non so di che cosa parleremo domani, dopo una bellissima conferenza come quella di oggi. Pertanto, c'è bisogno di un punto di riferimento. La conferenza dei sindaci – in linea con la proposta della Presidente Marini di disboscare la giungla di enti e sportelli disseminati in questa regione – ha proposto l'unione dei Comuni per tutto il territorio regionale perché ci sia comunque un

unico soggetto che ascolti le risposte, le valuti e, dopodiché, quando ha raccolto i pareri, possa rispondere al cittadino, al sindaco, al presidente d'azienda, al pescatore, all'agricoltore. Perché siamo letteralmente sfiancati dalla burocrazia: ogni volta che si deve rimettere una ordinanza, ogni volta che è necessario pulire un canale, ogni volta che c'è crisi idrica, ogni volta che c'è comunque è necessario provvedere alla manutenzione del lago. Sul lago, poi, ho una mia personale visione, un po' provocatoria. Non sono un biologo, un chimico o un geologo, sono figlio di contadini mezzadri, nato davanti all'acqua. Dunque, noi siamo contrari al Museo del lago Trasimeno. Va scritto a caratteri cubitali e leggibili. Siamo per la salvaguardia dell'acqua, della qualità e della quantità delle sponde, siamo per lo sviluppo sostenibile, siamo per il confronto e lo scontro, perché anche lo scontro porta ricchezza, perché se dovessi fare semplicemente o dire semplicemente le cose che ho ascoltato anche dai filmati: si sono bruciati i canneti per secoli, oggi non si possono toccare; la vegetazione fa ambiente, quindi guai a chi taglia qualcosa; le alghe... È un problema, perché attenti, chi tocca muore. Non voglio parlare delle sabbie, le sabbie sono rifiuti solidi tossici nucleari... Per non parlare poi della fauna, alla quale chi nasce in campagna è ovviamente attaccatissimo, alla terra, alla fauna, alla flora... Ma io chiedo spiegazioni sulla fauna comparsa ahimè dopo che l'agricoltura è stata abbandonata, dopo che la pesca è stata abbandonata, dopo che i territori lacustri sono stati abbandonati. Cinghiali, nutrie e animali di questo genere che poi mai e poi mai sono visti da queste parti. L'ho chiesto a mio padre, l'ho chiesto a mio nonno: non ha mai visto i cinghiali bere al lago, tantomeno le nutrie, anzi non sapeva neanche che cos'erano. Finisco, perché la risposta era precisa: chiediamo la sburocratizzazione, è l'unica cosa che oggi possiamo chiedere, perché sappiamo che chiedere i soldi sarebbe semplicemente difficile, anche ottenete una risposta sarebbe difficile. Ma lavorare sulla burocrazia aiuterebbe tutti. Grazie.

Andrea Chioini (moderatore)
Grazie a Lei, Proietti. Tra l'altro, ci ha detto delle cose che dialogano fortemente con alcuni dei suggerimenti dati poco fa da Caprini, e cioè la possibilità di un confronto costante ed operativo. Ricordo sempre una citazione, un'esortazione degli anni scorsi: innovare, innovare, innovare. Si tratterebbe di alleggerire tutti questi passaggi e trovare delle soluzioni. Dunque, Assessore Cecchini, Lei prima sottolineava questa relazione culturale, scientifica, operativa tra agricoltura e ambiente. Agricoltura e ambiente – sostenibilità. Alcuni anni fa mi è capitato di realizzare dei servizi sull'utilizzo dell'acqua proprio del lago Trasimeno nei periodi più critici. E mi sorprendevo nel vedere infinite distese di campi di mais. Probabilmente le aree destinate a questa varietà così idrovora in qualche maniera forse sono diminuite. Ma il dato di fondo che mi colpisce è che attorno al lago Trasimeno la ortofrutti-coltura sia ancora una pratica così limitata. Poche settimane fa, un giovane agronomo che gestisce anche un'azienda e che fa olio extravergine mi ha detto una cosa che mi ha colpito profondamente: in Umbria abbiamo un ottimo olio perché è la produzione più semplice da un punto di vista proprio di preparazioni da ottenere, salvo poi avere una qualità molto elevata. Tutto il resto dell'agricoltura, mano a mano che ci si affina nel tipo di coltivazione, diventa sempre più lontana dalle pratiche diffuse. Tant'è che mi ha detto: "produrre ortaggi non

è facile come fare l'olio". Significa probabilmente che c'è anche di mezzo una cultura tecnica, una sensibilità – a parte tutto il problema dell'ottenebrazione, a mio avviso, degli anni dei sostegni al tabacco… Qui, attorno al Trasimeno, non è pensabile. Le questioni del tabacco, la prospettive del tabacco si riducono anche in termini europei. Ma questa orticoltura, questa filiera corta, la frutticoltura, ce la si farà oppure no ad ottenerla? Qui ci sarebbe tutto, anche un clima favorevole.

Fernanda Cecchini

La domanda è un po' articolata e, quindi, complessa. Cerco di mettere in fila le cose. Ci sono aspetti che riguardano l'agricoltura del lago che sono gli aspetti che riguardano l'agricoltura in generale. Il fatto ad esempio che oggi l'agricoltura ha grandi problemi, prima di tutto quello di garantire un reddito certo per chi produce. Questo vale un po' per tutti, compreso il tabacco che dal 2005 in poi non è più in regime di OCM ma è in regime PSR, il che significa che qualsiasi produzione, compreso il tabacco, per essere portata avanti deve essere compatibile con l'ambiente e deve misurarsi innanzitutto con la possibilità che attraverso il mercato possa avere una certezza sul reddito finale. Ci sono invece considerazioni più specifiche che riguardano le azioni che la Regione Umbria nel suo insieme mette a disposizione, in particolar modo per il lago. Voglio tornare sul discorso di Montedoglio, perché temo si sia perso di vista, come Umbri, il fatto che si tratta della vera grande opera degli ultimi 50-100 anni. È di una straordinaria portata, quello che abbiamo fatto. I 140 milioni di euro di cui parliamo sono del Ministero dell'Agricoltura, come Regione Umbria mano a mano mettiamo risorse per mettere a disposizione le addizioni affinché gli imprenditori possano utilizzare quell'acqua per l'uso irriguo e quindi non prelevarla dal lago. A metà dello scorso ottobre ho portato in Giunta una delibera per 2 milioni e 200 mila euro circa, destinati proprio all'area di Castiglione del Lago, appunto per realizzare quelle condotte che danno questa possibilità. Questa è una prima risposta anche al settore ortofrutticolo, ma anche al lago. Ci sono problemi che riguardano la zootecnia. Ne hanno parlato stamattina – io ho potuto sentire due soli interventi questa mattina – l'ing. Viterbo e il dott. Martinelli. La zootecnia ha degli aspetti che hanno una portata ambientale in tutta l'Umbria e che qui sono accentuati dalla presenza del lago. Credo che attraverso il piano della zootecnia che andiamo a realizzare, in particolar quello dedicato alla suinicoltura, d'intesa agricoltura-ambiente con l'assessorato alla Sanità dovremmo trovare le giuste norme, le giuste direttive per poter dire che in Umbria si può continuare a fare allevamento laddove si può, ovvero laddove è sostenibile all'interno di un quadro normativo certo che consenta di non andare a mettere in discussione la qualità dell'acqua, dell'aria e dell'ambiente ed altro. Tornando al discorso sull'ortofrutta: oggi, al termine di questo convegno, incontrerò l'Associazione degli Agricoltori biologici, poi gli ambientalisti e quindi poi il Tavolo verde, poiché sto preparando i temi da portare al comitato di sorveglianza del prossimo 15 dicembre, per poter rimodulare i finanziamenti previsti nel PSR. Il PSR è infatti certificato e approvato dalla Commissione europea, quindi ogni volta che si intende modificare la disponibilità finanziaria legata alle diverse misure, questo deve essere fatto innanzitutto con il coinvolgimento del comitato di sorveglianza e poi con la com-

missione. Proprio oggi c'è dunque questo appuntamento, per essere in grado il 15 dicembre di portare delle proposte di modifica che vanno a prevedere le risorse laddove pensiamo che nel 2010 siano utili per la salvaguardia dell'ambiente e dell'agricoltura sostenibile, rafforzando determinati comparti. Uno di questi è senza dubbio l'allevamento sostenibile. Per affermare che chi rispetta le regole può continuare ad allevare, laddove concordiamo le regole, magari meno, perché ha detto una grande cosa, noi siamo – non gli umbri, ma l'Italia è il paese delle 1000 leggi. Poi siccome ce ne abbiamo troppi, c'è anche l'altro aspetto: che gli apparati, siano essi comunali, provinciali, regionali, siccome stanno tutti quanti dentro l'istruttoria, poi alla fine non c'è nessuno che fa il controllo perché... Quindi, la verità, io credo ci vuole capacità di mettere a disposizione norme più semplici e più efficaci, e poi fare il controllo, perché mica è detto che se io faccio l'impianto normativo che mi norma tutto poi... Questo vale per l'orto-frutta. Qui forse, ha meno consolidato, ha meno storia la frutta che l'orto, nell'orto-frutta, però credo che c'è il clima giusto e quindi anche da questo punto di vista vorremmo prevedere misure per questa filiera, per incentivare e rafforzare, laddove si può fare, perché è una delle cose su cui può puntare l'Umbria. Perché per il resto, l'olio, il vino, i cereali, sono qui come altrove ed hanno qui, come altrove grandi punti di criticità. In questo caso noi pensiamo di destinare risorse anche alla filiera dell'olio, ad esempio, perché è vero che è più semplice, ma noi abbiamo olio di qualità all'interno di un disciplinare dell'olio dop umbria complesso, con le sottozone, questo ci ha consentito di avere la dop, ma ci mette in difficoltà nel momento in cui si arriva alla molitura – adesso non scendo in particolari che comunque riguardano diverse parti dell'Umbria – la verità che mi porta a dire: dobbiamo trovare il modo di sostenere che laddove è possibile si può ampliare la possibilità di impiantare nuovi uliveti, che siano anche consoni al tipo di meccanizzazione che oggi è prevista. Ma allo stesso tempo, l'altro obiettivo – e questo va anche un po' a tutelare quella biodiversità che è fatta di pesci, di animali ma anche di piante – a sostenere quegli uliveti in quelle parti, in quelle zone, fasce particolari dell'Umbria che hanno bisogno di un lavoro prevalentemente fatto a mano e che però rappresentano una parte significativa del nostro paesaggio. Concludo dicendo che in questi giorni c'è in partecipazione anche un disegno di legge per quanto riguarda la caccia e la pesca. Il regolamento sulla pesca sportiva e la pesca professionale e il criterio portante del nuovo regolamento, del regolamento che aggiorna il regolamento del 2004, il nuovo regolamento parte dal presupposto di andare verso una maggiore tutela di tutte quelle specie autoctone, questo proprio in difesa della conservazione di quelle specie anche di pregio che sono nostre e che possono rappresentare, insieme alla flora, insieme alla fauna, appunto, la difesa di quelli che sono poi i caratteri fondanti del parco lago.

Andrea Chioini (moderatore)

Debbo dare atto all'assessore Cecchini che è stata abile a rimettere in fila un po' la mia domanda confusionaria, ma arrivava proprio dal senso della complessità che comunque ormai è un fatto assodato, quando si ragiona di queste cose. A proposito di regole, c'è una Polizia Provinciale. A me la cosa che scatta, quando vedo i mezzi, le donne e gli uomini della Polizia Provinciale è pensare che proprio vanno a verificare il rispetto delle regole riferite proprio a questi termini,

a questi settori di cui noi stiamo parlando. Secondo Lei, assessore Caprini, è un obiettivo praticabile, praticato, oppure siete dedicati a tutt'altro? Perché questa cosa che diceva poco fa l'assessore Cecchini, e che lamentava il sindaco Proietti, è: Tutte le regole servono praticamente a generare un'infinità di percorsi per essere violate. Dopodiché, le verifiche. Lei che ci dice?

Domenico Caprini

All'inizio, questa nuova amministrazione provinciale, oramai è quasi un anno e mezzo che è in carica, ha fatto, il primo punto su cui ha investito è quello di rafforzare gli organici della polizia provinciale. Questo perché noi crediamo che un miglior rispetto delle regole sia alla base della buona convivenza. Abbiamo incrementato l'organico della nostra polizia provinciale facendo dei concorsi interni. Non è che siamo andati a prendere personale esterno. Abbiamo utilizzato soltanto del personale che era collocato forse in funzioni un po' più marginali, cercando di implementare un corpo che noi riteniamo fondamentale a partire anche dalla sicurezza quotidiana, diciamo come sicurezza dell'incolumità dei cittadini, ma anche relativamente ad un maggior controllo e rispetto delle regole. Cosa scatta, però in questi casi? Scatta che nel tempo, la polizia provinciale aveva competenze più che mai di verifica forestale, di verifica riguardo gli aspetti della caccia, aveva un ruolo marginale. Noi invece vogliamo che la polizia provinciale svolga appieno tutti i compiti per i quali è stata costruita, e che sono stati demandati. Un maggior controllo deriva anche però, ci deve essere a monte, perché non può essere la provincia che di punto in bianco prende e mette a fare controlli, multe o quant'altro. Noi riteniamo utile e fondamentale il fatto che ci sia quell'incontro che dicevo prima, quel Tavolo istituzionale e sociale dentro il quale in qualche modo identificare le future azioni. Dentro a queste azioni, ci può essere appunto un maggior controllo. Un controllo che deve essere all'inizio preventivo, quindi avvertire, per poi essere pronti a reprimere. Però non è che se diciamo che la polizia provinciale deve reprimere, poi magari arrivano telefonate per dire Stiamo calmi…

Andrea Chioini (moderatore)

Ma questa cosa qui della prevenzione, percepire un corpo di polizia locale, che più locale non potrebbe essere, anche come il sensibilizzatore in effetto a determinate regole, potrebbe significare avvicinare veramente le istituzioni al cittadino che le percepisce come perennemente repressive.

Domenico Caprini

Noi da questo punto di vista siamo molto disponibili. Io racconto un piccolo aneddoto simpatico. Nel 2005 ero candidato consigliere provinciale e poi ho fatto il consigliere provinciale; il mio tema era quello che la polizia provinciale non doveva sentirsi sceriffo per la comunità, ma doveva aiutare la comunità a modificare magari nella forma mentis, l'approccio al rispetto delle regole, al rispetto di quelle che sono le norme che fanno stare insieme una comunità. Da questo punto di vista credo che la funzione che dobbiamo avere è questa e sono convinto che una maggior collaborazione, perciò alla fine anche riguardo a determinati comportamenti, per esempio sull'idrogeologico, materia di questi giorni, tra l'altro il lago mi dicono che è a meno 67, quindi ha avuto anche una novità storica, in qualche modo. Però molti problemi derivano ad esempio dalla mancata regimazione delle acque anche da parte di chi utilizza i fondi agricoli…

Andrea Chioini (moderatore)
Le casse, le casse-forme, la mancata manutenzione…

Domenico Caprini
Esatto, vengono scarsamente manutenuti. L'obiettivo adesso che ci siamo dati noi, e ho dato input agli uffici, è quello chiaramente di individuare i punti critici, ma iniziare a fare qualche multa, in maniera tale che anche qui, ci deve essere una maggior sensibilizzazione, perché riuscire a prevenire, si riesce a diminuire, ma di gran lunga, il danno che poi può causarsi. Questo è l'obiettivo che abbiamo, su cui siamo pronti a scommettere, su cui siamo pronti a metterci in campo quotidianamente, perché riteniamo che questo sia un po', in carenza di risorse, come giustamente diceva il sindaco Alunni, c'è carenza di risorse, quindi dobbiamo fare uno sforzo maggiore per migliorare quello che possiamo fare anche all'interno dell'amministrazione.

Andrea Chioini (moderatore)
Chiudiamo questo primo giro proprio con il sindaco Alunni Proietti. Gli voglio dire una cosa, in tutta franchezza. La sottolineatura dell'eccesso di burocrazia e di controlli è sicuramente non solo legittima, ma proprio davanti agli occhi di tutti. Come si fa, però, sindaco, a far sì che la diminuzione dei controlli e delle verifiche a monte si trasformi comunque in una cultura del rispetto delle regole? Le popolazioni di questa realtà, le regole ce le hanno dentro, in qualche maniera, è un fatto della tradizione locale che comunque si rispettino. Abbiamo questo grande enorme vantaggio. Sembra però che a rispettare le regole, da una parte abbiamo questa burocrazia che ci incombe e che ci fa perdere un sacco di tempo. Dall'altra, rispettare le regole, uno ha il sospetto certe volte di passare da fesso. Come si fa ad andare avanti e veramente a muoverci verso quella che era la riflessione iniziale, ad andare in Europa mantenendo questo buon carattere di chi è nato e cresciuto in Umbria?

Massimo Alunni Proietti
Per prima cosa, voglio di nuovo affermare un principio che sta dentro il programma della Giunta Regionale. Gli enti pubblici che governano il territorio dell'Umbria sono tre e devono solo tre: Regione, Provincia, Comuni. Se facessimo solo questo, di sicuro accorceremmo di diversi chilometri la burocrazia. Gli altri sono enti di sostegno, enti scientifici, enti strumentali, enti di supporto, enti scientificamente all'altezza della situazione come oggi voglio sottolineare e apprezzare, quindi sono molto utili alle pubbliche amministrazioni, ma gli enti che rispondono ai cittadini sono tre. Questa cosa non è una affermazione di principio o una rivendicazione, ma è la norma fondamentale democratica che i cittadini vorrebbero che fosse rispettata. Perché poi, le lamentele, i processi, le domande, le carenze vengono sistematicamente rivolte per primo ai sindaci, poi se sono sindaci di campagna, gli dico Vabbè, va in Provincia, va in Regione. Dopodiché la Provincia e la Regione. Ma non si può assistere alla processione, con il malloppo del carteggio sotto braccio, per andare ad accogliere come le questue, le autorizzazioni in giro per l'Umbria. La seconda cosa, per non irritare gli amici ambientalisti, io sono per le regole, perché le regole comunque provengono da secoli di attività, dell'agricoltura, della pesca e della vita e del lavoro intorno al territorio del lago, non solo acqua ma anche delle colline circostanti. C'è un'altra preoccupazione, io la dico ad alta voce: quando le regole sono

chilometriche o gli enti che rilasciano i permessi sono decine, datemi retta, prevale l'abusivismo. E allora, ecco perché chiedo ai governi, anche quando non farò più il sindaco, chiedo ai governi regionali, Comuni, Provincia, Regione, che siano loro i portatori del diniego, perché le cose abusive o pericolose o impossibili da fare o la pianificazione territoriale devasta il territorio non va permessa, quindi sono loro i detentori delle autorizzazioni, dei permessi a costruire o dei dinieghi, perché mica possiamo dire Facciamo quel che ci pare. Terza cosa, forse non piace al sottoscritto la filosofia del sequestro, della multa, della denuncia, dell'avvocato, dei ricorsi al TAR, delle guerre per bande. Io sono per il confronto, il dialogo e comunque tutto ciò che è possibile migliorare va fatto insieme. Perché non ci sono eserciti che stanno di là, eserciti che stanno di qua. Ci sono cittadini, operatori, lavoratori che lavorano e che vivono in quest'area e vogliono continuare a lavorare e vivere in quest'area. Ma soprattutto guardo ai giovani, al futuro. C'è una lenta emigrazione delle ultime generazioni che fa sospettare che l'economia di questo territorio non possa più garantire la sopravvivenza. Pertanto noi dobbiamo curare, conservare, riconvertire l'agricoltura, spingere sul turismo, turismo ovviamente moderato, meglio di nicchia o di élite, come si dice, come pure le attività del terziario, e, perché no, anche la pesca. Non c'è più la pesca degli anni '50-'60, ma anche la pesca era uno strumento di sopravvivenza; seconda, era uno strumento di controllo; terzo, è un'esperienza, quella dell'attività della pesca, che aveva le regole e sapeva comunque essere strumento di controllo dell'acqua, quando era bassa e quando era alta. Pertanto credo che dobbiamo tutti insieme litigare pure, dobbiamo anche litigare, ma dobbiamo trovare il binario dove tutti i vagoni salgono, gli enti possano andare verso la stessa direzione, e quando non siamo d'accordo ci fermiamo, riflettiamo poi andiamo avanti. Perché combattere i piani regolatori, combattere le ordinanze, combattere la pianificazione territoriale a colpi di TAR, a colpi di sovrintendenza, a colpi di Consigli di Stato, a colpi di Cassazione non è a mio avviso un comportamento, un atteggiamento democratico, civile e di sicura possibilità di crescere tutti insieme.

Andrea Chioini (moderatore)
Sindaco, mi ha fatto venire una curiosità e magari poi me la toglie in privato, se non vuole. Mi ha fatto venire la curiosità di identificare questi altri centri di autorizzazione. Io penso, che so, ai Consorzi, alla Comunità Montana, alla ASL. Lei ha citato un attimo fa la Sovrintendenza, probabilmente si riferisce a questi, o no? Ci ha fatto venire proprio la curiosità.

Massimo Alunni Proietti
Ci sono alcuni progetti per la costruzione di modeste e semplici case monofamiliari per civile abitazione. Approvati perché una pianificazione territoriale o meglio Piano regolatore generale, così lo sappiamo tutti, ha previsto da 25 anni. I progetti vengono approvati dal Comune, poi passano per l'ufficio della Provincia di Perugia per le questioni ambientali, poi dopo passano ovviamente per la Regione, qualora ci siano lottizzazioni o comunque interessi particolarmente ambientalistici, storici … ma non è questo il problema. Il guaio è che poi di fatto, gli enti ministeriali hanno bocciato i progetti che prima dicevo. I titolari del progetto hanno fatto ricorso al Consiglio di Stato, il Consiglio di Stato ha dato ragione ai pro-

prietari, al Comune e alla Provincia. E ha dato contro alla Sovrintendenza. E allora mi domando: due enti dello Stato italiano, del diritto italiano, il Tribunale Amministrativo Regionale dell'Umbria e la Sovrintendenza ai Monumenti Archivistici e Ambientali dell'Umbria, che si contraddicono, ma che cos'è se non burocrazia schizofrenica?

Conclusioni

Svedo Piccioni

Direttore Generale Arpa Umbria

Prima questione, i controlli. Come sapete esiste una legge istitutiva, figlia del referendum, che ha stabilito che i controlli, i monitoraggi, la conoscenza e la salvaguardia ambientale non fanno più parte della logica delle ASL, ma sono trasferiti a nuovi soggetti, le Arpa. Queste non solo studiano – cosa che fanno più pochi in Italia – ma si occupano anche di monitoraggio e controllo, mettendo i dati a disposizione del decisore politico. Il dramma nasce quando c'è sovrapposizione di enti che fanno le stesse cose. Perché se il monitoraggio e controllo viene effettuato da noi, dalle guardie provinciali, dai forestali ecc., si corre il rischio di andare tre volte dallo stesso imprenditore, magari dicendogli tre cose diverse. Il fatto è che c'è un ente deputato allo studio e all'approfondimento; gli altri enti, poiché hanno una conoscenza basata su una prassi quotidiana o storica, con competenze che inoltre cambiano nel corso del tempo, non posseggono quelle caratteristiche necessarie per poter intervenire in termini innanzitutto di prevenzione, attraverso il supporto tecnico e non solo la punizione o il sequestro. È questo l'approccio culturale necessario per fare monitoraggio e controllo. Ma se questo non c'è – e questo significa studio, conoscenza, tecnologie avanzate che possono essere suggerire all'imprenditore ecc. – è chiaro che la situazione non può funzionare. Quando si parla di coordinamento, quindi, lo si deve fare a ragion veduta e con serietà. Il coordinamento è fatto di conoscenze che si mettono al lavoro e ognuno deve fare quello che più conosce. Questa è la prima grande regola per fare i controlli e il monitoraggio in maniera seria, altrimenti non si fanno né prevenzione né tutela. Prendiamo l'esempio di un'azienda che inquina con le cisterne: il primo problema è verificare la tipologia di sostanza che inquina, mettere in sicurezza ed evitare l'inquinamento. E invece magari intervengono altri soggetti e cosa fanno? Mettono subito sotto sequestro l'impianto. Con la cisterna che continua ad inquinare, con il rischio di peggiorare le cose. Quando si fa coordinamento, dobbiamo studiare e vere una cultura comune, perché allora

si moltiplicano le energie, si moltiplicano le cose nella misura migliore e si fa un presidio serio del territorio che non è ostativo allo sviluppo, ma che fa sì che questo possa muoversi nel rispetto dei vincoli che garantiscono anche la tutela dell'ambiente.

Questo si collega anche a ciò che sottolineavano il sindaco e l'assessore, ovvero non far diventare il lago un museo. Storicamente l'uomo ha sempre influenzato il proprio ambiente, non si mai fermato solo a contemplarlo. Il problema è nato quando tutta una serie di mestieri sono scomparsi – basti a questo proposito fare un confronto fra il numero di addetti in agricoltura o nella pesca di quando eravamo ragazzini noi e adesso – ed è venuta a mancare una presenza capillare che significava anche tutela del territorio. È necessario dunque mettere in campo strumenti adeguati in grado di supplire a questa evoluzione (o involuzione, a seconda del punto di vista) che la società ha prodotto. E questo è possibile appunto con lo strumento della conoscenza. Quanto alla burocrazia, continuo a dire che è giusto che il Consiglio regionale attui tutte le riforme possibili, ma è bene stare attenti a non ragionare solo sui contenitori. Si deve partire dal merito e dagli obiettivi che si intendono raggiungere, perché una riforma istituzionale come questa ha due elementi di riferimento: innanzitutto la democrazia, ovvero la garanzia del massimo della trasparenza e del controllo da parte dei cittadini, in un quadro di relazione e confronto con essi; in secondo luogo, quando si parla di assemblee elettive serve chiarezza, perché i consigli comunali non hanno nessuna competenza allo stato attuale delle cose e possono esprimere pareri solo se c'è un sindaco di buona volontà, perché sennò li convoca per il piano del commercio, per il piano regolatore e per il bilancio. Quello sulle riforme è dunque un discorso che va fatto tenendo conto della semplificazione, considerando tra l'altro che ci sono strumenti che utilizziamo male, come nel caso della Conferenza dei Servizi, dove non è che ognuno fa la propria fino a quella definitiva che azzera le altre. Non si può dire: si fa anche quella però io faccio anche la mia (Regione/Provincia, tanto essere chiari…). Io faccio la valutazione integrata, la VIA, dopo è inutile che faccio anche quelle altre. C'è una interpretazione, non sono vincoli, è un'interpretazione sbagliata. Perché va esattamente nella direzione opposta alla semplificazione, moltiplicando gli impedimenti e le difficoltà. Oltretutto, la semplificazione agevola l'obiettivo prima citato: ci sono meno soldi, rendiamoli al massimo produttivi. È una cosa che già si può fare, senza bisogno di cambiare nulla. Basta utilizzare un po' di buon senso nell'interpretazione delle norme, invece che fermarsi alla forma.

Seconda questione, sempre legata a questo discorso. È un bene che i sindaci rivendichino questa loro competenza. Personalmente, incontro ogni giorno situazioni in cui ci vengono richiesti pareri sulla base dei quali poi dicono: "ma che volete, ci hanno dato il parere favorevole!". Il problema è che un conto è il parere sull'impatto ambientale, un altro è decidere o meno di fare impiantare un'azienda o un'attività. Abbiamo dunque deciso che questo gioco non può più funzionare. Da oggi, quando deve essere presa una decisione del genere rispondiamo: "prima prendi la decisione, poi ti diamo il parere ambientale". Così finisce questo gioco per cui l'Agenzia partecipa regolarmente alle assemblee per trovarsi puntualmente da sola nel confronto con il comitato cittadino, perché gli altri sono tutti scappati via. Sono necessarie responsabilità e

chiarezza, elementi fondanti della trasparenza in democrazia. Su questo dobbiamo essere estremamente chiari.

A tal riguardo dò una notizia all'assessore regionale, provinciale e comunale: abbiamo messo a punto uno strumento molto importante, che va nella direzione della collaborazione efficiente fra enti e della condivisione della conoscenza. Abbiamo costruito un set di indicatori ambientali che permetteranno ad ogni sindaco e ad ogni amministratore di poter conoscere con precisione tutti gli elementi di crisi che può incontrare quando deve prendere una decisione di tipo urbanistico, di tipo insediativo, di tipo produttivo. Rendere questo sistema uno strumento operativo, disponibile e conosciuto da tutti ci faciliterebbe molto le cose.

Concludo. Gli enti che devono dare garanzie alle istituzioni e ai cittadini, vanno definiti come enti terzi, chiamati a garantire non solo l'oggettività del dato da essi prodotto ma anche la sua esclusività. Come infatti ci si rivolge al medico per avere informazioni e dati su una questione legata alla salute, e si seguono le indicazioni del medico, così per avere un dato ambientale è necessario rivolgersi a chi fa questo mestiere. Se invece per avere un dato ambientale posso andare in diciotto posti diversi, il dato rischia di essere inutilizzabile. Ci vuole certezza sulle cose. Su questo continueremo a lavorare in collaborazione con tutti i soggetti che, anche oggi, hanno dimostrato di quale ricchezza conoscitiva e capacità professionale questa regione può disporre.

Finito di stampare
nel maggio 2012
a Cerbara (PG)
da GESP srl
per conto di Arpa Umbria

con il contributo di:

ISBN 978-88-905920-03

ARPA umbria
agenzia regionale per la protezione ambientale

Arpa Umbria
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
Via Pievaiola (San Sisto) 06132 Perugia

www.arpa.umbria.it arpa@arpa.umbria.it