

# LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE DELLE ACQUE DEI LAGHI DELL'ALTO APPENNINO MODENESE

di Vittorio Boraldi  
Responsabile Servizio Sistemi Ambientali ARPA Sez. Prov.le di Modena,  
Anna Maria Manzieri  
Servizio Sistemi Ambientali ARPA Sez. Prov.le di Modena,  
Francesco Mantelli  
ARPAT Dipartimento di Firenze,  
Giacomo Mencarelli  
Tesiista dell'Università degli Studi di Parma, corso di laurea in Scienze Ambientali

*Questo lavoro costituisce una sintesi della relazione "Stato di qualità ambientale delle acque dei laghi dell'Alto Appennino Modenese" realizzata su incarico del Consorzio del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese.*

## Premessa

Dall'esigenza di aggiornare le conoscenze sul delicato ecosistema costituito dai laghi di alta quota del crinale tosco-emiliano, è maturata, da parte del consorzio del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese, la richiesta all'Arpa, di predisporre un articolato piano di monitoraggio ambientale. Questa opportunità di studiare un ambiente "incontaminato" è stata accolta con estremo interesse, in quanto l'acquisizione sistematica dei dati di questa area ad elevato valore ambientale, costituisce un significativo elemento di riferimento per la qualità delle acque superficiali provinciali.



Lago Pratignano

## Obiettivo dello studio

La ricerca si è sviluppata su diversi obiettivi primo fra i quali l'aggiornamento e la sistematizzazione dei dati conoscitivi pregressi al fine di poter predisporre le condizioni per l'attuazione di un'analisi valutativa sull'evoluzione qualitativa dei corpi idrici, in relazione alla pressione antropica e naturale subita nel tempo.

Per questo motivo, partendo dai numerosi dati raccol-

ti sul campo, sono state predisposte diverse analisi volte alla individuazione del grado di vulnerabilità dell'ecosistema, che può essere stimato attraverso la sua fragilità intrinseca ed al rischio di perturbazione. La fragilità intrinseca rappresenta l'insieme delle caratteristiche naturali che rendono l'ambiente più o meno sensibile al degrado. Nel caso di un ambiente umido queste caratteristiche riguardano il corpo idrico stesso, la litologia del bacino, la morfologia ed anche le condizioni climatiche. I criteri di fragilità più importanti possono essere distinti in funzionali, idraulici e biologici. I primi riguardano la produttività primaria e lo stato trofico e vengono utilizzati per valutare il rischio di eutrofizzazione; i secondi fanno riferimento alla durata ed intensità della sommersione e dipendono dalla piovosità e dalla qualità dei suoli e sono indicatori della tendenza all'essiccamento o alla stagnazione. Gli indicatori biologici, valutano la presenza di specie esotiche che competono con le specie autoctone sia vegetali che animali e sono indice della qualità degli ambienti lacustri. Il rischio di perturbazione rappresenta invece l'influenza che potrebbe avere il sistema antropico sull'ecosistema lacustre in base ad alcuni criteri quali accessibilità, contiguità con sistemi antropizzati ed attività antropiche.

## Inquadramento generale

Il territorio del Parco interessa una vasta area a ridosso del crinale tosco-emiliano con una superficie di 15.000 ettari dai 528 ai 2.165 metri s.l.m., di cui 9.000 sono posti oltre i 1.000 metri. I Comuni interessati sono: Fanano, Sestola, Montecreto, Riolutano, Pievepelago, Fiumalbo e Frassinoro.

Il paesaggio geomorfologico è dominato da estesi affioramenti di natura arenacea (Macigno) interrotti da rocce marnose e argillose. Il profilo del crinale risulta modellato dall'azione di ghiacciai, come risulta evidente dalla presenza di diversi circhi glaciali dei monti Giovo, Rondinaio, Spigolino, Cima Tauffi, dalla presenza di depositi ed archi morenici come nella valle dell'Ospitale, delle Tagliole e dai laghi di origine glaciale come il Santo, il Baccio il Turchino. Altri laghi presenti nel Parco hanno origine diversa: i laghi Pratignano, Scaffaiolo e Ninfa, si sono originati da frane o da deformazioni gravitative profonde. Fra le cime più imponenti della zona troviamo il Cimone (2.165 m), lo Spigolino (1.827 m), il Libro Aperto (1.937 m), il Rondinaio (1.964 m) e il Giovo (1.991 m).

## Il Clima

Il clima del versante adriatico dell'Appennino Tosco-Emiliano è influenzato da masse d'aria d'origine continentale, mentre quello tirrenico risente soprattutto di corpi umidi provenienti da occidente. Oltre alla circolazione atmosferica, la dissimetria climatica che si genera è dovuta alla diversa esposizione delle valli alle radiazioni solari ed alle differenze morfologiche fra i due versanti appenninici (Repetti & Vittorini, 1989).

**Temperatura.** Il clima del versante adriatico dell'Appenninico Modenese differisce da quello del

versante tirrenico per le temperature, che sono mediamente più basse nel periodo invernale e più elevate nel periodo estivo.

Come è stato accennato all'inizio, la morfologia dei versanti assume un ruolo importante nella caratterizzazione termica dei versanti appenninici. La stazione di Pavullo (682 m s.l.m.), ad esempio, registra una temperatura media annua di 10,0 °C, inferiore rispetto a quelle registrate alle quote superiori sullo stesso versante (Polinago, 810 m s.l.m., temperatura media:

riscontrano in genere tra febbraio e marzo.

**Precipitazioni.** Il clima continentale del versante appenninico modenese esercita una forte influenza sulle precipitazioni e determina un regime pluviometrico di tipo sublitoraneo (tabella 2).

Nel versante adriatico le piogge sono inferiori come quantità ed intensità rispetto a quelle del versante tirrenico. Analogamente, il gradiente altimetrico delle precipitazioni risulta molto inferiore rispetto a quello

STAZIONE	QUOTA(M S.L.M.)	VERSANTE	TEMPERATURA MEDIA ANNUA (1961÷1993)	TEMPERATURA MINIMA MEDIA ANNUALE (1961÷1993)	TEMPERATURA MASSIMA MEDIA ANNUALE (1961÷1993)
Frassinoro - Fontanaluccia	787	modenese	10,3 °C	6,2 °C	14,4 °C
Frassinoro - Piandelagotti	1.209	modenese	7,3 °C	4,5 °C	7,5 °C
Pievepelago - S Michele c.le	765	modenese	8,0 °C	3,7 °C	12,3 °C
Montecreto	570	modenese	10,4 °C	5,9 °C	14,9 °C
Sestola	1.020	modenese	9,5 °C	5,9 °C	13,1 °C
Pavullo	682	modenese	10,0 °C	4,4 °C	15,7 °C
Polinago	810	modenese	10,2 °C	6,9 °C	13,4 °C
Porrino	640	toscana	10,8 °C	-	-
Sassuolo	121	modenese	13,5 °C	-	-
Bagni di Lucca	120	toscana	13,7 °C	-	-

Tabella 1 - Confronto delle temperature medie annuali dell'aria di due stazioni del versante tirrenico (Bagni di Lucca e Porrino) e di alcune stazioni del versante adriatico.

STAZIONE	QUOTA(M S.L.M.)	VERSANTE	PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA (1961÷1993)	PRECIPITAZIONE MINIMA MEDIA ANNUALE (1961÷1993)	PRECIPITAZIONE MASSIMA MEDIA ANNUALE (1961÷1993)
Frassinoro - Fontanaluccia	787	modenese	1.322,1 mm	629,6 mm	1.773,6 mm
Frassinoro - Piandelagotti	1.209	modenese	1.622,1 mm	522,8 mm	2.111,0 mm
Pievepelago - S Michele c.le	765	modenese	1.416,3 mm	313,2 mm	1.968,8 mm
Montecreto	570	modenese	1.136,6 mm	888,6 mm	1.415,8 mm
Sestola	1.020	modenese	1.288,1 mm	560,0 mm	1.688,4 mm
Pavullo	682	modenese	838,9 mm	453,0 mm	1.263,4 mm
Polinago	810	modenese	937,6 mm	480,4 mm	1.383,0 mm
Sassuolo	121	modenese	686,7 mm	205,0 mm	1.107,2 mm

Tabella 2 - Confronto delle precipitazioni medie, minime e massime annuali.

10,2°C) ed a quote simili sul lato toscano dell'Appennino (Porrino, 640 m s.l.m., temperatura media: 10,8°C), registrando una escursione termica maggiore rispetto ad altre zone con altitudini più elevate.

Questa anomalia termica è dovuta all'orientamento N-S della valle in cui si trova Pavullo, dove è possibile il ristagno di masse d'aria fredda, soprattutto durante il periodo invernale. Un altro esempio dell'importanza che assume la morfologia e l'orientamento della regione alla radiazione solare è data dalla permanenza della neve. Nei mesi di aprile e maggio la copertura nevosa è quasi assente sul versante tirrenico dell'Appennino, mentre alle stesse quote sul versante modenese è ancora abbondante. L'innevamento varia da un anno all'altro, sia per quantità che per permanenza. In media, la prima neve cade in novembre e permane fino a maggio inoltrato (in alcuni casi sino a giugno). Lo spessore della copertura è estremamente variabile ed è legato alle temperature e alle precipitazioni oltre che all'esposizione alla radiazione solare. I massimi si

del versante tirrenico dell'Appennino. L'aspetto morfologico, nella fattispecie la barriera fisica dei rilievi, assume un ruolo determinante nella caratterizzazione degli andamenti pluviometrici sui due versanti; infatti, a differenza di quello modenese, il versante tirrenico è esposto alle correnti d'aria cariche di umidità provenienti dal Mediterraneo settentrionale. L'Appennino modenese è influenzato solo da piogge frontali, mentre quello toscano riceve precipitazioni sia frontali che dovute ad effetti orografici (Repetti & Vittorini, 1989).

#### I laghi dell'Appennino modenese

L'area oggetto della ricerca situata nel Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese (Parco del Frignano), è compresa all'interno delle zone di protezione A1 (protezione speciale) e B (protezione generale). La superficie d'interesse si estende nella parte sud e sud-occidentale del Parco. Di seguito è riportato l'elenco dei laghi considerati, corredato di dati topografici e morfologici.

DENOMINAZIONE	<b>LAGO SANTO MODENESE</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	11,5
QUOTA (M S.L.M.)	1501	AREA (M2)	68.325
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	1.425
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE SCOLTENNA	EMISSARIO	PERENNE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE TAGLIOLE	ALIMENTAZIONE	IMMISSARI
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	FOSSO DEL LAGO SANTO	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	-
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 52' 9" LONG. O 44° 8' 3" LAT. N	SUBSTRATO	LIMO, SABBIA, SASSI
LUNGHEZZA MAX (M)	540	FORME DI TUTELA	ZONA B PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	154		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO BACCIO</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	3,0
QUOTA (M S.L.M.)	1554	AREA (M2)	13.825
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	-
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE SCOLTENNA	EMISSARIO	PERMANENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE TAGLIOLE	ALIMENTAZIONE	IMMISSARI
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	FOSSO DEL LAGO BACCIO	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	130
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 51' 49" LONG. O 44° 7' 46" LAT. N	SUBSTRATO	GHIAIA, SABBIA, LIMO, HUMUS
LUNGHEZZA MAX (M)	150	FORME DI TUTELA	ZONA B PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	130		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO TORBIDO</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	0,7
QUOTA (M S.L.M.)	1676	AREA (M2)	1742
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	168,5
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE SCOLTENNA	EMISSARIO	ASSENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE TAGLIOLE	ALIMENTAZIONE	ACQUE METEORICHE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	-	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	40
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 51' 12" LONG. O 44° 6' 56" LAT. N	SUBSTRATO	LIMO, SABBIA, SASSI
LUNGHEZZA MAX (M)	69	FORME DI TUTELA	ZONA A1 PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	25		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO TURCHINO</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	1,0
QUOTA (M S.L.M.)	1600	AREA (M2)	833
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	106
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE SCOLTENNA	EMISSARIO	PERMANENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE TAGLIOLE	ALIMENTAZIONE	IMMISSARIO PERMANENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	-	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	30
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 51' 12" LONG. O 44° 7' 11" LAT. N	SUBSTRATO	LIMO
LUNGHEZZA MAX (M)	34	FORME DI TUTELA	ZONA A1 PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	24		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO DELLA PORTICCIOLA</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	0,3
QUOTA (M S.L.M.)	1649	AREA (M2)	700
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	88
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE SCOLTENNA	EMISSARIO	PERMANENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE TAGLIOLE	ALIMENTAZIONE	ACQUA STAGNANTE PERMANENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	FOSSO DEL LAGO BACCIO	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	30
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 51' 57" LONG. O 44° 7' 23" LAT. N	SUBSTRATO	LIMO, SASSI
LUNGHEZZA MAX (M)	26	FORME DI TUTELA	ZONA B PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	27		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO DELLE PIOGGE</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	1,0
QUOTA (M S.L.M.)	1742	AREA (M2)	216
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	50
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE SCOLTENNA	EMISSARIO	ASSENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE TAGLIOLE	ALIMENTAZIONE	ACQUA METEORICHE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	FOSSO DEL BALZONE	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	40
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 51' 31" LONG. O 44° 7' 11" LAT. N	SUBSTRATO	LIMO, SASSI
LUNGHEZZA MAX (M)	18	FORME DI TUTELA	ZONA A1 PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	12		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO RONDINAIO</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	0,4
QUOTA (M S.L.M.)	1763	AREA (M2)	806
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	93
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE SCOLTENNA	EMISSARIO	ASSENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE TAGLIOLE	ALIMENTAZIONE	ACQUA METEORICHE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	FOSSO DEL BALZONE	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	40
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 51' 31" LONG. O 44° 7' 11" LAT. N	SUBSTRATO	LIMO, SASSI
LUNGHEZZA MAX (M)	29	FORME DI TUTELA	ZONA A1 PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	28		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO PRATIGNANO</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	1 (A N) - 4,5 (A S)
QUOTA (M S.L.M.)	1307	AREA (M2)	
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE LEO	EMISSARIO	MANCA UN EMISSARIO VERO E PROPRIO, QUANDO L'ACQUA SUPERA IL LIVELLO MASSIMO SGRONDA VERSO SUD
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE OSPITALE	ALIMENTAZIONE	ACQUA METEORICHE, SORGENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	-	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	40
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 38' 2" LONG. O 44° 10' 15" LAT. N	SUBSTRATO	TORBA, LIMO
LUNGHEZZA MAX (M)	635	FORME DI TUTELA	ZONA A PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	185		

DENOMINAZIONE	<b>LAGO SCAFFAILO</b>	PROFONDITÀ MAX (M)	2,40
QUOTA (M S.L.M.)	1784	AREA (M2)	
BACINO	FIUME PANARO	PERIMETRO (M)	
SOTTOBACINO IDROGRAFICO I	TORRENTE LEO	EMISSARIO	ASSENTE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO II	TORRENTE DARDAGNA	ALIMENTAZIONE	SORGENTI PERENNI, ACQUE METEORICHE
SOTTOBACINO IDROGRAFICO III	-	ESCURSIONE LIVELLO (CM)	20
COORDINATE GEOGRAFICHE	1° 38' 35" LONG. O 44° 7' 55" LAT. N	SUBSTRATO	LIMO, SABBIA, SASSI
LUNGHEZZA MAX (M)	200	FORME DI TUTELA	ZONA B PARCO REGIONALE ALTO APPENNINO MODENESE
LARGHEZZA MAX (M)	83		

## Risultati

Deposizioni umide e fenomeno dell'acidificazione.

La misura dell'alcalinità rappresenta lo strumento per stimare la suscettibilità all'acidificazione di un corpo idrico lacustre. Il suo valore non varia in funzione della temperatura e della pressione ed è indipendente dalla variazione dell'anidride carbonica in soluzione. Acque con alcalinità pari o inferiore a 200 µeq/l sono generalmente considerate come potenzialmente sensibili all'acidificazione, soggette a abbassamenti periodici di pH. Per quanto attiene quest'ultimo parametro, mal si presta a quantificare il livello di acidificazione in quanto il livello della concentrazione idrogenionica è regolato dall'equilibrio tra le forme di carbonio inorganico a sua volta dipendenti dai processi di demolizione delle sostanze organiche oltre che dai processi fotosintetici. Pertanto per una quantificazione e valutazione degli effetti delle deposizioni acide si sottolinea l'imprescindibile necessità di una periodica rilevazione dell'alcalinità dei singoli corpi lacustri.

Caratteristiche idrochimiche delle precipitazioni

L'acidificazione delle piogge è dovuta principalmente all'aumento delle emissioni di componenti gassose in atmosfera come gli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>), e gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) originati prevalentemente dalle attività antropiche. Il pH delle piogge è acido naturalmente per dissoluzione dell'anidride carbonica presente nel-

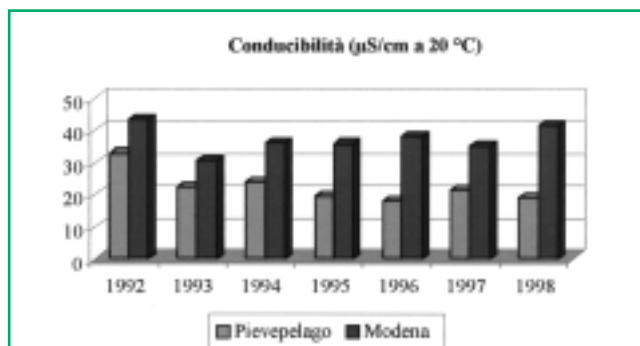
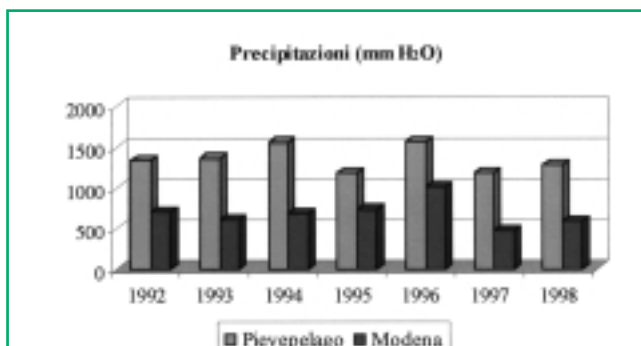
l'atmosfera (pH = 5,65), per cui l'aumento delle emissioni antropiche di anidridi gassose trasformate in acidi attraverso reazioni con l'acqua, sposta il pH dell'acqua verso valori di acidità più marcata. L'aumento dell'acidità delle piogge provoca effetti negativi oltre che sulle acque superficiali (fiumi, laghi, acque marine) anche sulla vegetazione.

I dati utilizzati sono relativi alla stazione di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche umide (rete RIDEP) di Pievepelago e sono stati messi a confronto con la stazione di Modena.

In entrambe le stazioni gli andamenti pluviometrici sono simili; a Pievepelago le precipitazioni sono sempre quasi il doppio di quelle rilevate nella stazione di Modena.

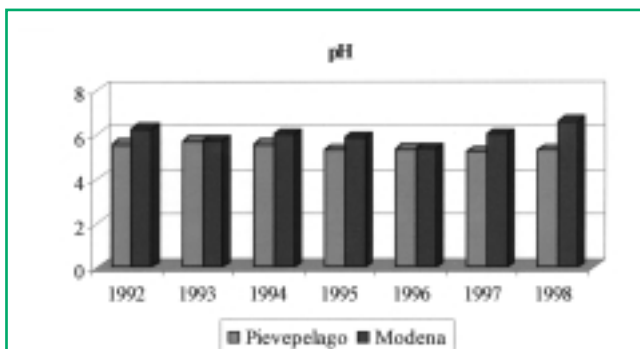
I valori di pH rimangono sempre su valori acidi in entrambe le stazioni; a Pievepelago il pH delle precipitazioni meteoriche risulta inferiore a quello rilevato a Modena, in parziale contraddizione a quanto precedentemente descritto in riferimento alla presenza di Solfati e di Nitrati solitamente più elevati nelle aree industrializzate o urbane.

Un altro fattore che sicuramente influisce sul bilancio idrogenionico è la presenza più o meno elevata dei cloruri. A Pievepelago i livelli quantitativi riscontrati sono equiparabili alle altre stazioni della rete RIDEP,



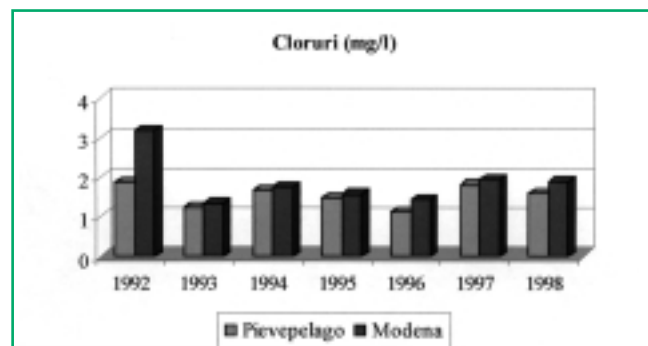
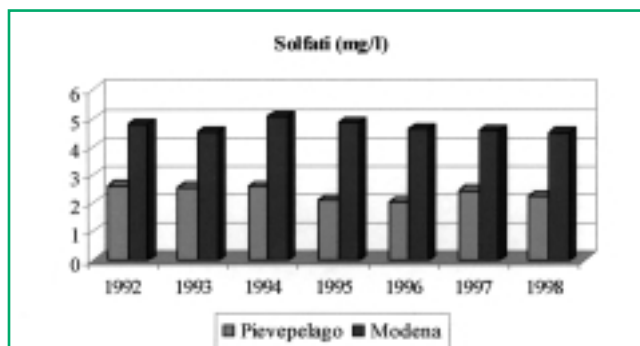
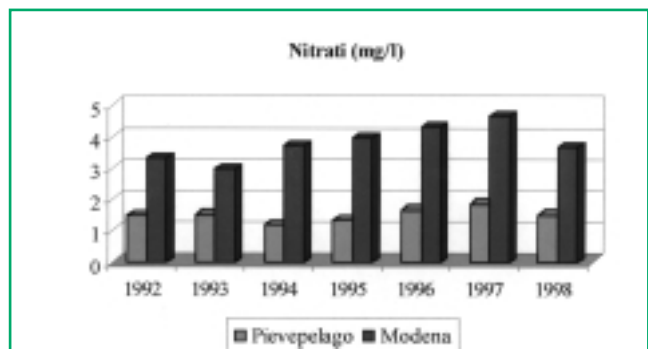
ma considerando che la concentrazione ionica totale è nettamente inferiore, ne consegue una loro incidenza percentuale maggiore. Poiché i cloruri evidenziano una buona correlazione con lo ione sodio, si può ipotizzare che l'apporto sia attribuibile all'influenza dello spray marino proveniente dal mar Tirreno.

Un ulteriore elemento che influisce sull'acidità più elevata riscontrata nelle deposizioni raccolte presso la stazione pluviometrica di Pievepelago, potrebbe essere riconducibile all'azione alcalina indotta dall' $\text{NH}_3$ .



ne di emissioni del metallo pesante in relazione alla maggiore diffusione delle auto che utilizzano benzina verde.

La conducibilità rimane su livelli pressoché costanti che sono nettamente inferiori rispetto alle stazioni di pianura, in quanto la quantità di ioni presenti nelle acque meteoriche di Pievepelago è inferiore a quella rilevata nella stazione di Modena. I valori di conducibilità delle acque meteoriche di Pievepelago sono allineati con i valori di conducibilità misurati sui laghi



Nelle stazioni di pianura si rileva una maggior concentrazione di  $\text{NH}_3$ , causata prevalentemente dal comparto zootecnico e dal maggior utilizzo di fertilizzanti chimici, che provoca effetti di neutralizzazione dell'acidità atmosferica, come risulta ben evidenziato, nel grafico sottoriportato, dall'andamento della concentrazione dello ione ammonio.

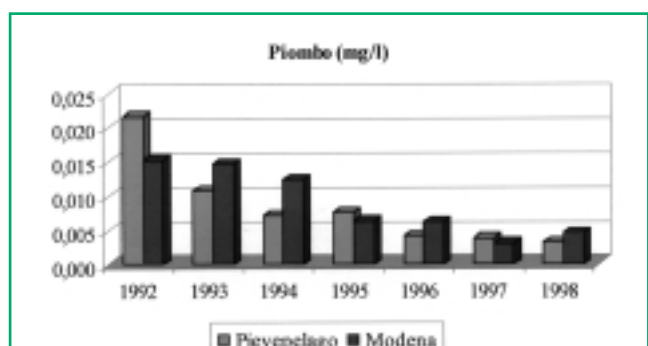
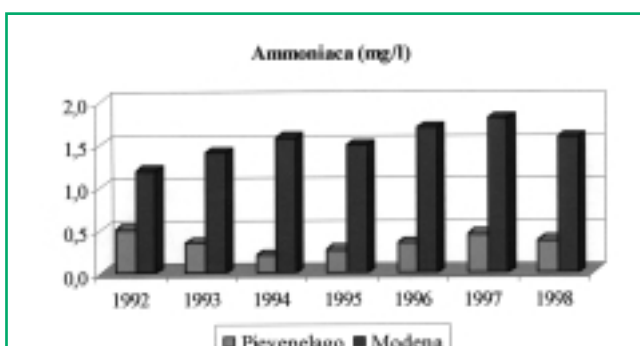
L'andamento delle concentrazioni di piombo è simile in entrambe le stazioni pur rimanendo quasi costantemente superiore nella stazione di Modena. Dal 1992 al 1998 se ne rileva una diminuzione superiore al 75% da 22  $\mu\text{g/l}$  a 3  $\mu\text{g/l}$  (stazione di Pievepelago). La drastica diminuzione delle concentrazioni di Piombo in atmosfera è sicuramente da imputarsi alla diminuzio-

alimentati esclusivamente dalle piogge e dallo scioglimento delle nevi, a conferma dell'influenza delle piogge sulla qualità delle acque dei laghi.

#### Le precipitazioni nevose

Ad integrazione dei dati qualitativi delle piogge è stato eseguito uno studio sulle precipitazioni nevose che consente di ricavare informazioni sulla composizione dell'aerosol atmosferico e dei cicli biogeochimici di immissione e diffusione di sostanze di interesse ambientale immesse nell'atmosfera attraverso processi naturali o di natura antropica.

Fra queste sostanze si osserva che sodio, cloruri e magnesio sono i traccianti dello spray marino, mentre





acido solforico e cloridrico (talvolta acido fluoridrico) sono indicatori sia di attività vulcanica, ma anche di attività antropogeniche. Particolare interesse assume lo studio dei metalli pesanti, tra cui Cd, Pb e Cu prevalentemente provenienti da attività umane, mentre Al, Fe e Mn, sono spesso legate a fenomeni naturali. Il monitoraggio delle deposizioni nevose semplifica ulteriormente il campionamento delle precipitazioni: mentre le piogge devono essere raccolte evento per evento e rapidamente analizzate per evitare la degradazione di alcuni analiti, queste possono essere prelevate anche qualche giorno dopo la precipitazione, facendo attenzione che improvvisi riscaldamento atmosferici non abbiano innescato fenomeni di trasformazione del manto nevoso.

Dai dati ricavati da uno studio effettuato in occasione di una tesi di laurea (Andrea D'Elia: Composizione chimica delle precipitazioni nevose nell'Alto Appennino tosco-emiliano, anno accademico 1998 e 1999) si osservano bassi livelli di contaminazione da metalli pesanti e basse concentrazioni di nitrati (valore minimo: 0,08 mg/l; valore mediano 0,68 mg/l valore massimo: 4,48 mg/l).

Da confronti con lavori precedenti effettuati sulle nevi dell'Appennino (F. Mantelli et al., 1993; Metalli pesanti nelle deposizioni nevose dell'Alto Appennino tosco-emiliano e delle Alpi Apuane. Indagini relative al periodo 1990-1992. II° Convegno internazionale di geoidrologia, Firenze), si osserva che il diminuito consumo delle benzine contenenti piombo tetraetile sembra aver lasciato tracce nelle nevi (anno 1992 1,2 µg/l anno 1998 0,4 µg/l).

In sintesi, si può affermare, che sulla base dello studio delle deposizioni nevose, al momento attuale, l'Appennino tosco-emiliano, almeno nelle aree più elevate, presenta buoni livelli di "naturalità".

#### Analisi chimico-fisiche delle acque lacustri e dei relativi immissari ed emissari.

Di seguito vengono riportati i dati relativi alle analisi chimico-fisiche effettuate nel periodo di monitoraggio 1996-1999. Partendo dai dati raccolti sul campo sono state eseguite diverse analisi valutative: la prima si basa sulla comparazione dei due sotto insiemi di laghi con simili sistemi di alimentazione e l'altra suddividendoli in base alla differente pressione antropica a cui sono sottoposti. La valutazione della pressione antropica è stata effettuata in base alla accessibilità e al flusso turistico rispetto a laghi definibili come bianco in base alla loro ubicazione.

In base a queste suddivisione sono state descritte le caratteristiche morfologiche, la qualità idrochimica delle acque in relazione ai rischi di acidificazione delle piogge acide e di eutrofizzazione, la qualità batteriologica e trofica e le caratteristiche delle biocenosi presenti nei substrati.

In generale si evidenzia come le scarse deposizioni del periodo estivo ed il concomitante incremento dell'evapotraspirazione causino una diminuzione generale del volume idrico dei bacini lacustri con conseguente incremento della mineralizzazione delle acque. Infatti

le concentrazioni ioniche in questo periodo sono mediamente doppie rispetto a quelle rilevate nei mesi di maggio-giugno, in cui si registrano gli effetti delle piogge autunnali e dello scioglimento nivale.

Nel lago Santo tutti i valori di alcalinità sono al di sopra dei 400 µeq/l, dunque il rischio di acidificazione sembra totalmente assente. Con le prime piogge autunnali la capacità tampone, concentrata sotto forma di bicarbonati nelle acque più profonde, viene ridistribuita su tutta la colonna d'acqua, determinando una variabilità meno accentuata rispetto a quanto si riscontra negli altri corpi lacustri monitorati.



Lago Santo Modenese

Come per il lago Santo anche per la maggior parte degli altri ambienti lacustri emerge una buona capacità di reazione all'effetto delle piogge acide, più elevata per i bacini di maggiori dimensioni. Soltanto il lago Rondinaio e il lago delle Piogge che sono alimentati esclusivamente dalle precipitazioni meteoriche presentano un rischio reale.

Da una complessiva analisi comparativa dei dati analizzati si può considerare che la qualità generale dei corpi lacustri esaminati è più che soddisfacente. Non si evidenzia una sostanziale diversità fra le acque lacustri a maggiore interazione con l'ambiente antropico (lago Santo, Baccio, Pratignano, Scaffaiolo, Turchino e Torbido), causa la loro più facile accessibilità e fruibilità da parte del flusso turistico, con gli altri laghi (Porticciola, delle Piogge, Rondinaio) che in virtù della loro ubicazione possono ipoteticamente ritenersi come bianco di riferimento con condizioni prossime all'idealità.

I parametri indicatori della pressione antropica, quali i composti azotati e fosforati, risultano presenti a livelli quantitativi tali da non evidenziare particolari situazioni di criticità. I nitrati si attestano nell'intervallo 0,1- 1 mg/l ed i fosfati al di sotto della soglia di rilevanza analitica. Anche la ricerca della presenza di metalli pesanti ha fornito risultati soddisfacenti, con una non rilevanza della quasi totalità dei parametri esaminati, solo gli ioni ferro ed alluminio, naturalmente presenti, sono stati riscontrati a concentrazioni superiori alla soglia analitica.

Lago	Alcalinità totale	Ottobre '96	Giugno '97	Ottobre '97	Giugno '98	Ottobre '98	Giugno '99	Luglio '99
Santo	µeq/l	655	508	655	508	525	590	-
Baccio	µeq/l	329	239	472	293	451	295	-
della Porticciola	µeq/l	334	159	334	143	451	226	-
delle Piogge	µeq/l	-	-	-	30	210	asciutto	-
Rondinaio	µeq/l	67	52	-	36	203	asciutto	-
Torbido	µeq/l	249	-	-	393	180	451	-
Turchino	µeq/l	590	718	765	472	582	759	-
Pratignano	µeq/l	-	-	-	636	-	-	-
Scaffaiolo	µeq/l	-	-	-	728	-	-	836

		Lago Santo	Lago Baccio	Lago della Porticciola	Lago delle Piogge	Lago Rondinaio	Lago Torbido	Lago Turchino	Lago Pratignano	Lago Scaffaiolo
Ossigeno disciolto	mg/l	8,7	8,7	10,2	8,9	8,9	8,7	9,6	7,1	7,7
Conduc. El. Spec. sul posto	µS/cm 25 °C	72	49	41	15	15	31	52	69	80
pH		7,40	7,18	6,88	-	-	7,10	-	7,0	8,0
Ammonio (NH <sub>4</sub> )	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloruro	mg/l	2,83	2,16	2,80	2,12	2,12	2,30	2,38	2,00	2,00
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/l	< 0,1	1,02	1,23	1,05	1,05	0,52	1,05	< 0,1	0,50
Solfato	mg/l	3,98	3,08	3,05	2,23	2,23	2,50	3,85	1,90	2,20
Sodio	mg/l	2,02	2,15	1,94	1,48	1,48	1,69	2,08	1,27	1,25
Potassio	mg/l	0,57	0,35	0,23	-	-	-	-	0,40	0,44
Calcio	mg/l	4,56	7,98	7,15	1,37	1,37	4,22	9,33	11,40	15,30
Magnesio	mg/l	9,06	0,71	0,51	0,31	0,31	0,51	0,72	1,54	0,37
Durezza totale	°F	-	-	-	-	-	1,2	1,0	-	-
Fosfati (P <sub>205</sub> )	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro totale	mg/l	< 50	55	65	-	-	-	< 50	-	-
Manganese	mg/l	20	< 20	< 20	-	-	-	< 20	-	-
Alluminio	mg/l	-	30	29	-	-	-	14	-	-
Cadmio	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	-	-	< 0,5	-	-
Cromo	mg/l	< 2	< 2	< 2	-	-	-	< 2	-	-
Piombo	mg/l	< 2	< 2	< 2	-	-	-	< 2	-	-
Nichel	mg/l	< 4	< 4	< 4	-	-	-	< 4	-	-
Rame	mg/l	< 10	< 10	< 10	-	-	-	-	-	-
Zinco	mg/l	< 20	< 20	< 20	-	-	-	-	-	-
Boro	mg/l	< 100	< 100	< 100	-	-	-	-	-	-
Bario	mg/l	< 25	-	< 25	-	-	-	-	-	-

### Analisi batteriologica

Anche attraverso l'analisi batteriologica, si riesce ad aver una indicazione di quale sia il grado di pressione antropica, individuando quei microorganismi non patogeni di origine intestinale che sono presenti in grande quantità nelle feci umane ed animali: Coliformi totali, Coliformi fecali e Streptococchi fecali. Questi batteri sono definiti "indicatori di inquinamento fecale", la loro presenza sta ad indicare che vi è stato un inquinamento da feci ed è possibile che siano presenti anche germi patogeni; al contrario la loro assenza assicura la non presenza di questi ultimi. I Coliformi totali ed in particolare quelli fecali stanno ad indicare un inquinamento molto recente da liquami. Gli Streptococchi fecali sono maggiormente resistenti all'ambiente e quindi possono essere considerati come indicatori di uno stato di inquinamento fecale anche non recente.

Per avere un riferimento, con cui confrontare i valori rilevati, si è utilizzata la tabella di definizione delle caratteristiche di qualità per le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile secondo l'allegato 2 del D.Lgs. 152/99 sulla tutela delle acque dall'inquinamento.

In tutti i laghi non si evidenzia una significativa contaminazione fecale. Anche per le acque del lago Baccio e della sua sorgente, i cui valori sono tra i più elevati fra i laghi monitorati, si possono escludere significative forme di contaminazione microbiologica. Il lago Scaffaiolo, monitorato nel luglio del '98, presenta valori più elevati rispetto agli altri laghi, la cui causa è presumibilmente riconducibile ad un fenomeno puntuale e non recente come mostra l'elevata presenza di Streptococchi fecali.



Lago Scaffaiolo

### Analisi trofica

L'aumento della concentrazione dei nutrienti porta ad un incremento della produzione primaria fitoplantonica e microalgale. Il nutriente limitante e che influenza la crescita è solitamente rappresentato dal fosforo. Un aumento della crescita algale provoca inizialmente un aumento della produzione secondaria ed in particolare di quella ittica e causa un aumento del detrito. La biomassa fitoplanctonica, che viene espressa come concentrazione di clorofilla-a, viene usualmente utilizzata come indicatore dello stato trofico. Maggiori concentrazioni di clorofilla corrispondono a valori minimi della trasparenza dell'acqua (misurata come profondità di scomparsa del disco di Secchi). I valori di clorofilla-a fitoplanctonica nel lago Baccio sono scarsamente significativi, oscillando fra un minimo di 3,60 µg/l ed un massimo di 5,80 µg/l durante la stagione estiva. Anche il lago Scaffaiolo e Turchino hanno contenuti di clorofilla-a nel periodo estivo scarsamente significativi rispettivamente 2,70 e 3,84 µg/l, inferiore è la concentrazione della clorofilla-a nel lago Santo che non supera 1,61 µg/l. Tutti questi laghi possono essere classificati nella categoria trofica di Oligotrofia. Per i laghi Torbido e della Porticciola le concentrazioni di clorofilla-a sono, sempre nel perio-



Lago Baccio

do estivo, estremamente basse rispettivamente 0,42 e 0,20 µg/l che li classifica come laghi ultra-oligotrofi. Solamente il lago Pratignano ha concentrazioni di clorofilla superiori (9,86 µg/l), che a causa delle caratteristiche morfologiche del lago stesso, potrebbe essere classificato come mesotrofico.

### Analisi biologica

#### Macrofauna bentonica

È stato effettuato un inventario faunistico della macrofauna bentonica utilizzabile come indicatore della qualità dell'ambiente lacustre. Sono state rilevate le differenti unità sistematiche con le relative abbondanze non potendo fare una vera e propria classificazione mediante la metodologia I.B.E. (Indice Biotico Estesio), applicabile solamente ai corpi idrici lotici. Da quanto rilevato si può osservare che i laghi in cui si è rilevato un numero maggiore di unità sistematiche sono il lago Santo, il lago Baccio e il lago Turchino, in particolar modo nel periodo tardo primaverile. Questi presentano caratteristiche morfologiche tali, da favorire la presenza di diverse specie di macrofauna bentonica, come ad esempio la presenza in alveo di acqua durante tutto il corso dell'anno e di macrofite acquatiche.

Nei laghi a sola alimentazione meteorica, quindi in assenza di stratificazione termica, come lago Rondinaio, lago delle Piogge, sono state ritrovate pochissime specie di macroinvertebrati, altamente specializzate a superare momenti critici come ad esempio la siccità (condizione del lago in secca) o nel momento del gelo (acqua completamente ghiacciata) anche per diversi mesi. Peculiari delle pozze temporanee sono gli anostraci che si riproducono attraverso uova durature che vengono sottoposte a disidratazione durante i periodi di secca.

### Conclusioni

L'acquisizione di un congruo set di dati, riferiti sia alle condizioni morfometriche, chimico-fisiche, microbiologiche, trofiche che biologiche, ci consente di affermare che lo stato di qualità dei corpi lacustri risulta complessivamente buono e che non si è riscontrata, in relazione al "rischio di perturbazione", una loro significativa differenziazione. È comunque da sottolineare come "l'intrinseca fragilità strutturale" dei laghi indagati richieda un'ineludibile continua e periodica attività di monitoraggio sia sugli ambienti lotici che sulle precipitazioni umide, al fine di rilevare con tempestività la pur minima compromissione di questi ambienti ad elevato valore ambientale per l'intero territorio provinciale.