

6. CONCLUSIONI

Piero Guilizzoni, CNR-ISE, Verbania

Tra le sostanze organiche a elevata tossicità un posto di rilievo meritano composti quali i pesticidi (es. DDT, DicloroDifenilTricloroetano), i PCB (Policlorobifenili), gli idrocarburi (es. IPA, Idrocarburi Policiclici Aromatici) e i ritardanti di fiamma (PBDE, PoliBromoDifenilEteri). Tali composti possono persistere per anni nell'ambiente in quanto difficilmente degradabili; in virtù dell'elevata affinità con i grassi tendono ad accumularsi nel tessuto adiposo degli organismi e possono essere trasportati a distanze anche molto grandi rispetto ai luoghi di emissione in conseguenza della loro elevata volatilità.

Gli **organismi zooplanctonici** sono in grado di accumulare i contaminanti sia dall'acqua sia dal cibo e avendo tempi di sviluppo più rapidi rispetto ai loro predatori, scarsa capacità di detossificazione e forte capacità di assimilazione, rispondono più rapidamente ad eventuali variazioni delle concentrazioni delle sostanze tossiche che si verificano nella colonna d'acqua. Per questo motivo, lo zooplancton può essere considerato come un bioindicatore precoce di possibili contaminazioni della zona pelagica dei laghi, risultando complementare ai molluschi sessili come *Dreissena* che sono ottimi indicatori della zona litorale. Le misure delle concentrazioni di DDT e PCB in campioni zooplanctonici sono state utilizzate per calcolare il trasferimento di questi contaminanti in tre diverse specie di pesci la cui dieta è in parte o esclusivamente costituita dallo zooplancton.

I risultati relativi al DDT totale nello zooplancton, pur con una certa variabilità spaziale e temporale hanno messo in evidenza una contaminazione massima e minima rispettivamente a Baveno (Bacino di Pallanza), Lesa e a Locarno, anche se quest'ultima stazione non è immune da picchi di contaminazione. Le concentrazioni di DDT alla stazione di Lesa sembrano progressivamente aumentare nel tempo ed è in questa stazione che si sono riscontrati i livelli più alti di PCB. Sembra abbastanza chiaro che le variazioni temporali e spaziali dei microinquinanti organici siano da mettere in relazione anche con il ruolo svolto dai diversi taxa che compongono la comunità (consumatori primari e secondari e loro taglia), dal loro contenuto lipidico e dai diversi rapporti trofici (così come descritti dalle variazioni in $\delta^{15}\text{N}$ nell'arco di un ciclo annuale). E' inoltre evidente come l'efficienza di trasferimento di materia, energia e presumibilmente, di sostanze tossiche, da parte dello zooplancton sia di considerevole importanza ai fini dell'interpretazione della contaminazione del comparto ittico.

Per quanto riguarda la contaminazione da DDT nei **sedimenti lacustri**, nel Bacino di Pallanza si misurano concentrazioni superficiali che possono risultare nettamente superiori (cf. carota 17, del Bacino di Pallanza; Fig. 3.1.1) a quelle di periodi precedenti (2002-2007) e che si avvicinano a quelle registrate a seguito della piena storica del 2000.

Una certa tendenza all'aumento della contaminazione da DDT nel Bacino di Pallanza è confermata anche dal confronto con dati prodotti da altri studi e pubblicati da Guzzella *et al.* (2010). In generale, la concentrazione dell'op'-DDT supera di molto quella del pp'-DDT e degli altri metaboliti. Gli isomeri orto-para (op') sono abbondanti anche nello zooplancton, in alcuni tributari, nei pesci e nei molluschi. Tale risultato viene spiegato come la conseguenza, oltre che della probabile origine industriale della contaminazione, anche della maggiore solubilità in acqua degli isomeri op' del DDT, DDD e DDE (Turci *et al.*, 2010). Tale maggiore solubilità sarebbe alla base di un più pronunciato effetto della lisciviazione del suolo su questi ultimi rispetto agli isomeri pp', che rappresentano la frazione tuttora prevalente nei suoli contaminati dell'area industriale di Pieve Vergonte.

Differenze importanti sono rilevate lungo l'asse Nord-Sud del Lago Maggiore; le due stazioni del Bacino Nord risultano poco o punto contaminate, mentre concentrazioni di DDT

10 volte più elevate rispetto ad esse sono rilevate nella parte centro-meridionale, ed in particolare nella stazione più meridionale (carota 28; Fig. 3.1.1), ove si registrano picchi di concentrazione anche molto elevati. Le elevate concentrazioni sono con tutta probabilità da imputare ad una maggior presenza in quest'area di materiale fino trasportato a valle dalle correnti (questa caratteristica, come vedremo, condizionerà anche l'accumulo di op'DDT nei molluschi). In sintesi, procedendo da Nord a Sud, si assiste ad un arricchimento in DDT pari a $1 \rightarrow 10 \rightarrow 30$ volte. Come nota positiva, si osserva che le concentrazioni di DDT nei sedimenti recenti (2007-2011) lungo l'asse Nord-Sud del lago sono più contenute rispetto a quelle del periodo 2000-2007 (CIP AIS, 2007).

Anche le concentrazioni totali dei PCB sono molto più elevate nella zona sud che non in quella a nord del lago; esse si attestano su valori abbastanza bassi nel complesso, anche se più elevati rispetto a quelli del periodo 2000-2007. Tra i vari congeneri, i più abbondanti sono il PCB-138 e PCB-153, presenti in molti prodotti commerciali (es. ritardanti di fiamma, plastificanti, lubrificanti, pesticidi). Questi due composti sono peraltro i più abbondanti anche nello zooplancton.

Al fine di condurre una valutazione sulla qualità dei sedimenti utile alla stima del rischio ecologico, si sono presi in considerazione alcuni indici e valori guida internazionali. Da questo confronto emerge che, mentre per i PCB sembra non esserci un potenziale rischio ecotossicologico a carico della fauna macrobentonica, un effetto tossico potrebbe invece derivare dal DDT presente nei sedimenti del Bacino di Pallanza.

Relativamente al mercurio, l'analisi della distribuzione spazio-temporale di questo metallo nei sedimenti lacustri ha evidenziato che:

- g) l'inquinamento da mercurio è diffuso su tutto il lago ad eccezione della parte settentrionale del medesimo;
- h) l'inquinamento è di origine antropica (industriale);
- i) il confronto tra concentrazioni misurate e valori guida (MacDonald *et al.*, 2000) mette in evidenza situazioni di rischio potenziale per il biota, soprattutto nella parte meridionale del lago e nel Bacino di Pallanza.
- j) i livelli di fondo di Hg sono inferiori a $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ p.s. (Vignati & Guilizzoni, 2011).

Riguardo ai **sedimenti dei tributari** del lago, le concentrazioni più elevate di pp'DDT e degli altri metaboliti e isomeri del DDT sono state determinate nei fiumi Toce e Ticino emissario, valori che rimangono elevati anche dopo la normalizzazione in base al contenuto di sostanza organica e che quindi non dipendono dalla matrice organica del sedimento stesso.

I fiumi Bardello, Boesio e Ticino emissario sono, come già evidenziato in passato, i corsi d'acqua che si distinguono per le maggiori concentrazioni anche di PCB e PBDE, mentre il Ticino immissario da quelle più contenute. In particolare, le massime concentrazioni di PBDE (soprattutto di BDE-209, ritardante di fiamma) osservate nel Fiume Bardello sono circa doppie rispetto a quelle osservate nell'anno precedente. Inoltre, come osservato nel 2008-2010, le concentrazioni più elevate, ma sempre abbastanza contenute, di IPA totali si osservano nei sedimenti dei fiumi Tresa e nel Ticino emissario. Un'analisi complessiva dei dati anche in funzione della valutazione del rischio ecologico mediante l'ormai consolidato ed accettato valore di PEC-Q (Quoziente di PEC) ha permesso di concludere che le concentrazioni osservate nel Toce e nel Ticino emissario sono da considerarsi, relativamente a questi composti, debolmente tossiche per il macrobenthos acquatico.

Il confronto tra le concentrazioni di elementi in traccia misurate nei sedimenti del Ticino immissario e del Ticino emissario indica netti incrementi di concentrazione tra le due aree del lago: circa 10 volte per Cd, Cu e Pb e da 10 a 30 volte per Hg. Sorgenti inquinanti, correnti lacustri e condizioni meteorologiche sono le cause che determinano le osservate variazioni da nord a sud. In particolare, le concentrazioni del mercurio nei sedimenti del Fiume Toce, nel

cui bacino sono localizzate fonti antropiche, mostrano, contrariamente al 2010, una forte variabilità stagionale sottolineata dall'elevata concentrazione nel campione di marzo 2011, spiegabile con l'elevato contenuto in carbonio organico (4,2% p.s.) di questi campioni. Negli altri tributari esaminati (Tresa, Margorabbia, Bardello, Boesio e Toce), i livelli sono relativamente uniformi tra i diversi tributari documentando situazioni di apporti antropici di tipo diffuso anche se di modesta entità. Diversa, invece, la situazione per l'arsenico e il rame, le cui concentrazioni sono molto disomogenee (valori più elevati nel Tresa, Boesio e nel Toce). La presenza di arsenico rispecchia i valori di fondo come nel caso del Toce e del Fiume Tresa, ma anche origini antropiche (es. produzione di acido solforico). Applicando anche in questo caso l'approccio PEC-Q si ottengono valori superiori ai limiti per i campioni del Ticino emissario e circa uguali per il Tresa e il Toce nel marzo 2011. In generale, il quadro per il 2011 concorda con quello relativo al 2010 (CIP AIS, 2010) e conferma che la zona del Lago Maggiore vicina all'emissario spicca soprattutto per la contaminazione da Hg (cf. anche lo studio sui sedimenti lacustri) e come tale dovrebbe essere considerata come area potenzialmente a rischio per la fauna bentonica.

Le analisi sui **molluschi bivalvi** (*Dreissena polymorpha*), raccolti durante le campagne primaverile e tardo-estiva del 2011, hanno evidenziato un livello di contaminazione da DDT che conferma l'andamento in diminuzione osservato negli ultimi anni; i valori misurati sia a Baveno che a Pallanza, le due stazioni di campionamento "storiche", sono in assoluto i più bassi dei quindici anni di monitoraggio su *D. polymorpha*, anche se superiori ai livelli di background degli altri grandi laghi subalpini (Riva *et al.*, 2007).

Così come rilevato nel 2010, e al contrario di quanto rinvenuto negli anni precedenti, l'op' DDT presenta in tutte le stazioni di campionamento una percentuale superiore rispetto al composto parentale pp' DDT. Si ritiene che, alla pari di quanto ipotizzato per i sedimenti lacustri, le differenze siano ascrivibili all'influenza di fattori fisici.

L'analisi del rapporto isomerico pp' DDT/pp' DDE porta a concludere che la contaminazione è ormai del tutto pregressa e che nel periodo primaverile 2011, caratterizzato tra le altre cose dall'assenza di precipitazioni, non ci sono state nuove immissioni di DDT dal bacino versante.

I dati del periodo tardo-estivo, al contrario, risentono delle mutate condizioni meteorologiche ed in particolare, delle abbondanti piogge avvenute nel periodo giugno-luglio in occasione delle quali si può ipotizzare un rilascio di DDT dal bacino, con il conseguente rilevamento di una maggiore, e generalizzata, contaminazione rispetto a maggio. Le basse concentrazioni della tarda primavera potrebbero essere almeno in parte attribuite al posticipo del periodo riproduttivo, in conseguenza delle basse temperature registrate nel periodo (inizio/metà giugno), durante il quale la componente lipidica risultava fortemente ridotta e con essa, l'accumulo di microinquinanti organici.

Livelli omogenei in tutto il lago, e del tutto confrontabili con quelli misurati nel 2010, sono stati rilevati per i PCB in primavera; questi ultimi erano anche inferiori rispetto a quelli misurati negli anni precedenti (CIP AIS, 2010). La zona sud del Verbano appare leggermente più contaminata rispetto alla zona centrale e settentrionale.

Una contaminazione piuttosto bassa ma discretamente disomogenea, si rileva dai dati di concentrazione di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), l'origine della quale differisce stagionalmente secondo le sorgenti d'immissione e l'afflusso turistico stagionale, confermando una contaminazione "di base" di tipo petrogenico, legata a sversamenti diretti a lago di petrolio e derivati, evidente nella stagione primaverile, alla quale si sovrappone quella di origine pirogenica in estate (rilascio di idrocarburi a seguito di combustioni incomplete), sicuramente legata al turismo.

Anche per il 2011 non si può parlare di contaminazione da esaclorobenzene (HCB), esaclorocicloesano (HCH) e loro isomeri e di organofosforati e carbammati, a testimonianza del fatto che questi contaminanti non sembrano rappresentare una minaccia per il Verbano.

Le concentrazioni degli elementi in traccia (As, Cd, Cr, Ni, Pb) in *Dreissena polymorpha* sono confrontabili con quelle misurate nel 2010 e con le serie storiche in generale. Per tutti gli elementi sono osservabili fluttuazioni stagionali anche di una certa entità (2–3 volte), con concentrazioni generalmente più elevate nel mese di settembre. Anche in questo caso, tale situazione si spiega con le particolari condizioni meteorologiche del 2011. Comunque, nessuna stazione mostra sistematicamente situazioni di contaminazione rispetto alle altre, sebbene i livelli di Cr a Baveno (settembre 2011) siano 2–3 volte superiori rispetto a quelli delle altre stazioni. E' possibile che si tratti di apporti provenienti dalle numerose industrie galvaniche situate nel sottobacino del Fiume Strona (tributario del Fiume Toce) in seguito alle forti precipitazioni del periodo estivo. Anche il mercurio, infine, mostra una situazione simile a quella descritta per gli altri elementi, con livelli più elevati in settembre. In senso assoluto, le concentrazioni misurate nelle stazioni del Bacino di Pallanza sono inferiori rispetto a quelle degli anni precedenti. Tuttavia, è opportuno attendere la fine del quinquennio di monitoraggio per stabilire eventuali tendenze nei livelli di mercurio in questo organismo sentinella.

Le analisi dei microinquinanti organici concernenti il **comparto ittico** hanno evidenziato aspetti positivi e negativi. Nel 2011, nessuno dei campioni di agone pescati superava i limiti di DDT previsti dalla normativa italiana per il consumo umano di pesce. Un po' meno positive sono invece risultate le analisi relative al lavarello: per questa specie, infatti, ad una generalizzata tendenza alla riduzione, osservata nel quinquennio passato, ha di fatto seguito un sensibile incremento delle concentrazioni di DDT totale nel campione di febbraio 2012, con il superamento della soglia fissata per il consumo umano (50 ng g^{-1}). Tale aumento delle concentrazioni si era già verificato nell'aprile del 2010 (cf. Fig. 5.2.2). In taluni momenti dell'anno, quindi, i livelli di DDT nel lavarello, siano essi espressi sul peso fresco di tessuto, sia rispetto al contenuto in grassi, risultano superiori ai limiti di legge. Per quanto concerne il gardon, infine, si osservano concentrazioni in diminuzione rispetto al 2010, in nessun caso superiori ai limiti previsti dalla normativa italiana per il consumo umano.

Agone e gardon sono i pesci più contaminati da PCB, con concentrazioni comunque stabili rispetto al 2010 ancorché superiori a quelle del 2009.

Sono motivo di preoccupazione i PBDE, in quanto anche una modifica della Direttiva 2000/60/CE, pubblicata come Draft COM (2011) 876, definisce nuovi standard di qualità per i Penta-BDE nel biota, con particolare riferimento al comparto ittico. Tale standard di qualità per il biota ($8,5 \text{ pg g}^{-1}$ p.f.) risulta essere molto restrittivo e nel caso dovesse essere applicato anche nel nostro Paese, porterebbe a definire come di qualità non buona tutte e tre le specie ittiche considerate. E' evidente, perciò, come questa classe di composti debba essere monitorato anche negli anni a venire.

L'analisi del contenuto di mercurio nei pesci ha confermato un generale equilibrio rispetto agli anni precedenti, con concentrazioni sempre inferiori al limite di legge ($0,5 \text{ mg Hg kg}^{-1}$ p.f.) per il consumo umano. Anche per questo inquinante ben diversa sarebbe la preoccupazione se si considerasse lo standard di qualità ($0,02 \text{ mg Hg kg}^{-1}$) previsto dalla Direttiva 2008/105/CE per il biota nelle acque interne con particolare riferimento al comparto ittico. L'applicazione, infatti, di tale valore limite porterebbe a definire come di qualità non buona i pesci del Verbano e di molti altri laghi italiani. In conclusione, le ricerche qui discusse mostrano ancora una volta come il Verbano rappresenti un ecosistema assolutamente fragile e strettamente legato, non solamente agli effetti delle attività umane, ma anche a quelli, variabili e imprevedibili, delle condizioni meteorologiche.

Bibliografia

- CIPAIS. 2007. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema del Lago Maggiore campagna 2006–2007. Rapporto finale 2001–2007*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere, 102 pp.
- CIPAIS. 2010. *Indagini su DDT e sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore. Programma 2008-2012. Rapporto annuale 2010*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere, pp. 129.
- Guzzella L., G., Poma, A. De Paolis, C Roscioli, P. Guilizzoni & P. Volta. 2010. Composti organici persistenti nel Lago Maggiore. *Acqua & Aria*, 2: 38-44.
- MacDonald D.D., Ingersoll, C.G., & Berger T.A. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 39: 20–31.
- Turci R., J. Businaro, C. Minoia, E. Sturchio, B Ficociello, S. Signorini, C. Colosio & M. Imbriani. 2010. Interferenti endocrini schede monografiche. *G.ITA MED Larv ERG*, 32:2: 93-144.
- Riva C., A. Binelli, A. & A. Provini. 2007. Evaluation of several priority pollutants in Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in the largest Italian subalpine lakes. *Environmental pollution*, 20: 1-11.
- Vignati D.A.L. & P. Guilizzoni. 2011. Metalli nel Lago Maggiore: livelli naturali e antropici. *Acqua & Aria*, 1: 22–27.

7. GLOSSARIO

- ANOVA (analisi della varianza): tecnica statistica che permette di confrontare due o più gruppi di dati comparando la variabilità *interna* a questi gruppi con la variabilità *tra* i gruppi.
- Bacino imbrifero: è quella parte di territorio che circonda il lago e che, a causa della sua pendenza, fa da imbuto di raccolta delle acque piovane. Lo spartiacque è la parte più alta del bacino imbrifero per cui le precipitazioni atmosferiche che cadono oltre lo spartiacque non scendono superficialmente verso il lago.
- Bioaccumulo: processo attraverso cui sostanze tossiche (per esempio il DDT) si accumulano all'interno di un organismo in concentrazioni crescenti man mano che si sale di livello trofico.
- Biocenosi: è l'insieme di flora e fauna che vive in un ecosistema.
- Bivalvi: molluschi appartenenti al *Phylum* dei Mollusca. Sono caratterizzati da un corpo protetto da una conchiglia formata da due parti, dette valve.
- Biotrasformazione: conversione di una sostanza in altri composti da parte di organismi; comprende la biodegradazione.
- Condizione riducente: in riferimento a determinate condizioni dell'acqua e del sedimento di un corpo d'acqua in cui l'ossigeno è assente o molto scarso.
- DDD (diclorodifenildicloroetano): della famiglia degli organoclorurati (OC). Prodotto di degradazione del DDT con proprietà chimico-fisiche simili.
- DDE (diclorodifenildicloroetilene): della famiglia degli organoclorurati. Prodotto di degradazione del DDT con proprietà chimico-fisiche simili.
- DDT (diclorodifeniltricloroetano): della famiglia degli organoclorurati. E' una sostanza incolore altamente idrofobica usata come potente antiparassitario.
- Diatomee: microalghe unicellulari provviste di una parete silicea formata da due gusci dette teche o valve.
- Diagenesi: termine che deriva dalla geologia e che sta ad indicare la trasformazione chimica, fisica e biologica di un tipo di sedimento nel corso del tempo. In questo studio il termine diagenetico viene utilizzato per indicare una trasformazione chimica di una determinata sostanza organica.
- Diossine: le diossine (dibenzo-p-diossine, PCDD e dibenzofurani, PCDF) sono gruppi di sostanze estremamente stabili e persistenti, presenti nel suolo, nell'aria, nei vegetali, negli animali, negli alimenti (in particolare quelle di origine animale come latte e latticini, pesce, carne e uova) e negli esseri umani. Le diossine possono venire prodotte come molecole indesiderate durante processi di combustione (es. fuochi all'aperto, inceneritori di vecchia generazione) e industriali (es. produzione di sostanze chimiche) e da fenomeni naturali (es. attività vulcaniche).
- Dreissena polymorpha*: mollusco bivalve d'acqua dolce. Organismo originario del Mar Nero e della zona del Mar Caspio; specie tra le più invasive comunemente ritrovabile nei corpi d'acqua dell'Europa centrale, America del nord e in molti laghi italiani (es. Como, Garda).
- Epilimnio: è lo strato d'acqua superiore di un lago termicamente stratificato; è situato sopra il termoclinio (vedi termoclinio) o metalimnio, che lo separa dagli strati profondi (vedi ipolimnio).
- Esaclorobenzene: vedi HCB.
- Esaclorocicloesano: vedi HCH.
- Fingerprint*: si riferisce a sostanze o elementi; indicatore specifico di inquinamento.
- Gas-cromatografia: analisi che si basa sulla diversa ripartizione di sostanze tra una fase stazionaria ed una fase mobile, in funzione dell'affinità di ogni sostanza con la fase mobile, costituita da un gas inerte.

HCB (esaclorobenzene): pesticida della famiglia degli organoclorurati. Idrocarburo polialogenato, tossico.

HCH (esaclorocicloesano): pesticida della famiglia degli organoclorurati. Idrocarburo polialogenato, tossico.

IARC ((International Agency for Research on Cancer): organismo internazionale che si occupa delle ricerche sulle cause di incidenza delle malattie di cancro sulla popolazione umana. Fa parte del WHO (World Health Organization) delle nazioni Unite.

IPA (idrocarburi policiclici aromatici): sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quello del benzene uniti fra loro, in un'unica struttura generalmente piana. Si ritrovano naturalmente nel carbon fossile e nel petrolio.

Gli IPA di origine petrogenica rappresentano una frazione importante dei combustibili fossili. Carbone, petrolio grezzo e scisti bituminosi contengono elevate concentrazioni di questi composti. Spesso il petrolio rappresenta la principale fonte di IPA nel comparto acquatico su scala globale.

Gli IPA di origine pirogenica sono, invece, generati dalla combustione incompleta o dalla pirolisi (decomposizione termochimica) della sostanza organica. Le principali sorgenti fisse in cui possono avvenire simili reazioni sono: riscaldamento domestico a carbone, olio minerale o legna; impianti termoelettrici; fuochi all'aperto quali incendi boschivi o la bruciatura di stoppie; incenerimento di rifiuti solidi urbani; impianti di gassificazione e cokefazione del carbone; processi termici dell'industria metallurgica, quali la produzione di ferro e acciaio. Le sorgenti mobili sono, invece, rappresentate dal traffico veicolare. L'emissione di IPA da veicoli a motore è considerata una delle maggiori sorgenti di questi contaminanti nelle aree urbane.

Isomero: sono detti isomeri due composti aventi stessa formula bruta e stessa composizione percentuale di atomi, ma aventi proprietà fisiche, e spesso anche comportamento chimico, differenti.

Ipolimnio: la parte più profonda di un lago stratificato termicamente, che non subisce l'azione del vento (vedi anche epilimnio).

Lindano: insetticida appartenente alla stessa famiglia chimica del DDT.

Lipide: della famiglia dei grassi, molecole organiche, presenti in natura, raggruppate sulla base delle loro proprietà comuni di solubilità: sono insolubili in acqua (idrofobici).

Livello o stato trofico: è lo stato di un lago in cui a seconda delle concentrazioni di nutrienti, di ossigeno, di trasparenza e di produzione biologica può essere classificato in oligotrofo (poco produttivo), mesotrofo (mediamente produttivo ed eutrofo (molto produttivo).

Mediana: termine statistico che sta ad indicare una media di posizione e rappresenta il valore centrale della distribuzione quando i dati sono ordinati. La mediana non è influenzata dai valori estremi della distribuzione ed inoltre, se la distribuzione è molto asimmetrica, il valore mediano è più appropriato della media aritmetica per esprimere un valore sintetico della distribuzione di valori.

Metabolita: ogni molecola che partecipa attivamente al metabolismo. Anche di sostanza derivata da un'altra.

Organoclorurati: famiglia di composti organici formati per reazione con il cloro. Possono essere prodotti direttamente o indirettamente dall'uomo, tra questi si annoverano le diossine, i furani, il DDT e i PCB. Per contro, i processi naturali formano un numero molto limitato di composti organoclorurati e in quantità trascurabili.

Organofosforati (OP): costituiscono un'alternativa ai pesticidi organoclorurati aventi le seguenti caratteristiche: persistenza nell'ambiente di breve durata; alta tossicità per l'uomo e gli altri mammiferi; si concentrano nei tessuti adiposi ma vengono decomposti velocemente, quindi non sono reperibili nelle catene alimentari.

PBDE (difenileteri polibromurati): sono ritardanti di fiamma cioè composti usati per evitare o ritardare l'estendersi di fiamme in caso di incendio. Sono comunemente utilizzati in

molti settori industriali tra cui quello tessile, elettronico e per la produzione di materiale plastico.

PCB (policlorobifenili): della famiglia degli organoclorurati. Classe di composti organici (= congeneri) considerati inquinanti e persistenti dalla tossicità paragonabile a quella della diossina. I PCB venivano utilizzati in passato nella sintesi di antiparassitari, erbicidi, preservanti del legno, vernici, solventi, disinfettanti, come plastificanti nella produzione di adesivi e come fluidi dielettrici nei condensatori e nei trasformatori elettrici, ed ancora oggi utilizzati per alcuni processi industriali.

I policlorodifenili costituiscono una famiglia di 209 congeneri diversi che possono essere suddivisi in due gruppi in base alle loro proprietà tossicologiche. Un gruppo, composto da 12 congeneri, possiede proprietà tossicologiche analoghe alle diossine e viene pertanto denominato gruppo di “PCB diossino-simili” (DL-PCB); si tratta di sostanze che sono state incluse nella “Valutazione del rischio di diossine e PCB diossino-simili negli alimenti” effettuata dal comitato scientifico dell’alimentazione umana dell’Unione europea. Gli altri PCB, denominati “PCB non diossino-simili” (NDL-PCB), non sono stati valutati in passato dal comitato scientifico dell’alimentazione umana o dall’EFSA. Entrambi i gruppi di PCB (sia NDL che DL) si trovano comunemente nei mangimi e negli alimenti.

I dati sulla presenza dei NDL-PCB negli alimenti e nei mangimi sono stati rilevati con modalità diverse, per esempio come somma di tre congeneri di PCB (PCB 138, 153, e 180), come somma di sei congeneri di PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180), spesso nominati PCB indicatori, o come somma di sette congeneri (somma dei sei PCB indicatori più il PCB 118). Questa mancanza di uniformità spesso compromette il confronto diretto dei dati di concentrazione.

PEC: *Probable Effect Concentration*. Concentrazione al di sopra della quale è probabile avere effetti tossici sulla fauna macrobentonica.

PEC-Q: *Probable Effect Concentration Quotient*: concentrazioni misurate per ciascun elemento divise per il corrispondente valore guida. 0,3-0,5: valori soglia al di sopra dei quali è probabile riscontrare effetti tossici sulla fauna bentonica (Long, E.R., C.G. Ingersoll & D.D. MacDonald. 2006. Calculation and uses of mean sediment quality guideline quotients: a Critical review. *Environ. Sci. Technol.*, 40:1726-1736).

pg: picogrammo, 10^{-12} grammi, miliardesimo di milligrammo.

Pirolisi: la pirolisi è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l’applicazione di calore e in completa assenza di un agente ossidante (normalmente ossigeno).

Seston: frazione particellata delle acque lacustri trattenuta da un filtro con maglie di 126 μm .

Stratificazione termica: fenomeno che si manifesta nei laghi con lo sviluppo di due strati discreti di acqua a temperatura diversa fra loro ma relativamente omogenea all’interno dello strato.

TEC (*Threshold Effect Concentration*): livello soglia di concentrazione oltre al quale si ha un effetto sul metabolismo degli organismi.

TEF (*Toxic Equivalent Factor*): indice che consente di confrontare la tossicità relativa fra differenti composti (il TEF è relativo alla diossina più pericolosa la TCDD, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina).

TEQ: concentrazione tossica equivalente o concentrazione equivalente di tossicità calcolata quale somma delle concentrazioni misurate dei singoli congeneri PCDD e PCDF, nonché PCDD, PCDF e DL-PCB, moltiplicata per WHO (97)-TEF.

Termoclinio o **metalimnio**: quella regione della colonna d’acqua in cui si ha un gradiente di temperatura maggiore di 1 °C per metro. E’ situato tra epilimnio e ipolimnio.