



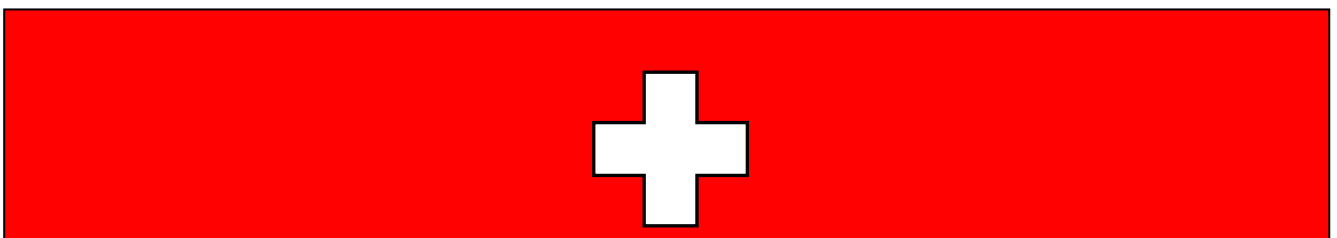
Commissione Internazionale
per la protezione delle acque italo-svizzere

Monitoraggio della presenza del DDT e di altri
Contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore

RAPPORTO ANNUALE
APRILE 2001 – MARZO 2002

Edito a cura a cura di A. Calderoni

Pallanza 2002



Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere

MONITORAGGIO DELLA PRESENZA DEL DDT E DI ALTRI CONTAMINANTI NELL'ECOSISTEMA LAGO MAGGIORE

**RAPPORTO ANNUALE
APRILE 2001 – MARZO 2002**

Edito a cura di A. Calderoni

Pallanza 2002

Il presente rapporto è stato redatto dal CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, incaricato del coordinamento delle ricerche, sulla base delle relazioni dell'attività svolte dalle singole unità operative, nonché del fattivo contributo dato dai partecipanti alle varie riunioni di lavoro.

Si desidera inoltre ringraziare Luciana Nobili per la preziosa assistenza fornita durante tutte le fasi del presente lavoro, nonché Stefano Vanetti per il valido supporto tecnico nelle operazioni di campagna e di preparazione dei campioni.

INDICE

1. PRESENTAZIONE	1
<i>(A. Calderoni & R. de Bernardi)</i>	
2. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI	4
2.1. Campionamento, preparazione dei campioni per le analisi di DDT e correlazione tra carote mediante studio diatomologico	4
<i>(A. Marchetto, P. Guilizzoni, A. Lami)</i>	
2.2. Cronologia per mezzo di ¹³⁷ Cs dei sedimenti contaminati da DDT del Lago Maggiore	15
<i>(L. Langone)</i>	
2.3. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore	19
<i>(L. Guzzella, M. Camusso, C. Marchegiano, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
3. APPORTI DAI TRIBUTARI	47
<i>(S. Galassi, P. Volta, B. Charikleia)</i>	
4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI	49
<i>(L. Guzzella, M. Camusso, C. Marchegiano, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
5. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE	59
<i>(L. Guzzella, C. Roscioli, A. De Paolis, R. Mosello, A. Barbieri & A. Pranzo)</i>	
6. MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DA DDT NEL LAGO MAGGIORE MEDIANTE L'ANALISI DI ORGANISMI INDICATORI	69
6.1. Biomonitoraggio con molluschi	69
<i>(A. Binelli & F. Ricciardi)</i>	
6.2. Biomonitoraggio di uova di svasso maggiore	73
<i>(S. Galassi, P. Volta, B. Charikleia)</i>	
7. INDAGINI SUL COMPARTO ITTICO	74
<i>(M.R. Bertola & E. Bielli)</i>	
8. CONCLUSIONI	84
<i>(A. Calderoni & R. de Bernardi)</i>	
9. ELENCO AUTORI ED ESECUTORI DELLE RICERCHE	89

1. PRESENTAZIONE

Alcune sostanze fortemente tossiche quali DDT (DicloroDifenilTricloroetano), PCB (PoliCloroBifenili) e HCB (EsaCloroBenzene) sono difficilmente degradabili e persistono per anni nell'ambiente; inoltre, essendo liposolubili, possono concentrarsi per bioaccumulazione lungo la catena alimentare nei tessuti adiposi; infine possono trasferirsi a grandissima distanza dai luoghi di emissione attraverso ripetuti processi termodipendenti di evaporazione e condensazione.

Tali composti appartengono, insieme ad altri inquinanti organici, ai così detti POP (*Persistent Organic Pollutants*) per i quali è stata formulata sotto gli auspici dell'UNEP (*United Nations Environment Protection*) una prima lista di dodici sostanze o classi di sostanze pericolose che sono state recentemente messe al bando in tutto il Mondo dalla Convenzione di Stoccolma (23 maggio 2001). La lista comprende molti insetticidi clorurati (dieldrin, DDT, toxafene, clordano, aldrin, mirex, endrin, eptaclor, esaclorobenzene), prodotti chimici industriali (PCBs) e sottoprodotti derivanti da combustioni industriali o incenerimento di rifiuti urbani (dibenzo-p-diossine, dibenzo-p-furani, oltre alcuni PCB e l'HCB già citati). La Convenzione vieta la produzione, il commercio e l'utilizzo di queste sostanze ove siano prodotte intenzionalmente, salvo alcune specifiche eccezioni.

Infatti, per esigenze di carattere sanitario e di ordine economico, il DDT ha ottenuto una deroga per il Sudafrica e 25 Paesi del Terzo Mondo, dove questo pesticida è necessario per combattere la zanzara responsabile della ripresa della diffusione della malaria, a fronte di costi di mercato non sostenibili di prodotti alternativi meno rischiosi a base di derivati sintetici del piretro.

Anche i PCBs hanno goduto di debite eccezioni. Le proprietà chimiche e fisiche di questi composti, tra le quali la resistenza alle alte temperature e l'inerzia chimica, ne avevano reso ideale l'impiego come fluidi dielettrici nei condensatori e nei trasformatori elettrici e quali plastificanti nella produzione di adesivi e vernici. La loro presenza è diventata così diffusa e massiccia nei paesi industrializzati, soprattutto nelle apparecchiature elettriche, che la Convenzione, pur mettendoli al bando, ne ha riconosciuto l'impiego fino al 2025; un lungo periodo di transizione durante il quale i governi dovranno esercitare un rigido controllo di verifica, etichettatura, manutenzione dei dispositivi che contengono i PCBs al fine di prevenire le perdite e di consentirne l'utilizzo in attesa della decontaminazione o dello smaltimento con sostituzione mediante materiali alternativi.

In Italia, molte di queste sostanze erano già state oggetto di proibizione o di regolamentazione. In effetti, l'uso del DDT venne vietato fin dal 1978 con l'eccezione di alcune applicazioni in floricoltura o in ambito zootecnico. La sua produzione rimase però consentita, tanto è vero che essa si prolungò fino al 1996 in un'unica azienda italiana ubicata nella zona industriale di Pieve Vergonte (VB), un comune appartenente al bacino imbrifero del F. Toce a poca distanza dal Lago Maggiore. Così pure furono proibiti molti degli insetticidi clorurati oggi messi al bando dalla Convenzione di Stoccolma e inoltre, da almeno un decennio, si continuano ad aggiornare e migliorare norme comunitarie e nazionali di regolamentazione dell'impiego transitorio dei PCBs, finalizzandole alla progressiva sostituzione e allo smaltimento corretto di questi composti fino alla loro eliminazione totale.

Ciò nonostante nell'ultimo ventennio, anche a seguito dell'evolversi delle conoscenze scientifiche, sono state messe in luce nel sistema idrico diverse problematiche ambientali dovute ai POPs, che si sono spesso accompagnate ad altre forme di contaminazione da metalli tossici, già note e pre-esistenti ma non per questo risolte. Del resto, per entrambi i gruppi di composti che fanno capo ai PCBs e ai DDTs, si è ormai accertato che la diffusione nei diversi comparti ambientali dei laghi italiani avviene secondo tipologie e quantità di contaminanti

prioritariamente correlate con la loro presenza e/o impiego sul territorio circostante. Stante questa situazione, pare davvero remota la prospettiva di un rapido risanamento degli ambienti compromessi da inquinanti organici persistenti.

Uno dei casi di grande rilievo sociale è stato indubbiamente l'inquinamento da DDT del Lago Maggiore accertato nell'estate del 1996. Anche se la contaminazione non aveva prodotto effetti sulla qualità delle acque lacustri tali da pregiudicarne le utenze di uso potabile e balneare, nei sedimenti superficiali del lago, soprattutto in prossimità della foce del F. Toce, vennero evidenziate rilevanti concentrazioni di DDT indicative di una compromissione ambientale recente. Inoltre l'accertamento della presenza dell'insetticida nella fauna ittica ha indotto le Autorità sanitarie dei due Stati che si affacciano sul lago ad adottare misure restrittive tuttora vigenti, che per la parte italiana riguardano il divieto di consumo alimentare umano e quindi della pesca di alcune specie caratterizzate da concentrazioni dell'inquinante superiori ai limiti di legge (agone, bondella, lavarello, alborella e scardola), mentre in Svizzera tali misure sono state assunte unicamente per agone e salmerino.

Per affrontare la grave situazione di emergenza messa in luce da quelle prime analisi, venne predisposto un progetto di indagini dettagliate allo scopo di:

- monitorare la distribuzione del DDT nei diversi comparti funzionali biotici e abiotici del lago e dei suoi tributari;
- valutarne i meccanismi di trasferimento in lago e lungo la catena alimentare;
- riconoscere eventuali danni arrecati alla funzionalità ecosistemica e la presenza di criticità nei suoi componenti;
- identificare l'estensione spaziale della contaminazione e la sua durata nel tempo;
- accertare la presenza delle possibili fonti di inquinamento.

Tali ricerche furono promosse ed attivate all'inizio del 1998 dalla Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere in accordo con gli Enti che hanno contribuito al loro parziale finanziamento, vale a dire la Regione Lombardia, la Regione Piemonte, la Commissione per la pesca nelle acque italo-svizzere, la Confederazione svizzera e il Cantone Ticino.

Sulla base delle risultanze ottenute e tenuto conto delle indagini specifiche dei contenuti di DDTs in diversi comparti ambientali dell'ecosistema Lago Maggiore, vennero raggiunte importanti conclusioni sull'origine e sulla diffusione di questi composti:

- l'inquinamento è principalmente derivato dal F. Toce e in particolare dall'insediamento industriale di Pieve Vergonte che vi recapita i propri scarichi tramite il Rio Marmazza, anche se sono emerse evidenze di una possibile contaminazione diffusa nell'intero bacino, probabilmente dovuta sia all'utilizzo in passato in agricoltura dell'insetticida, sia al suo trasporto atmosferico con successiva ricaduta sul territorio;
- la contaminazione dei sedimenti è risultata minore nella parte settentrionale del lago rispetto al bacino centrale e alla zona meridionale, mentre la contaminazione più elevata si è accertata nella Baia di Pallanza come diretta conseguenza di maggiori apporti dei DDTs dal Toce;
- i massimi di inquinamento nei sedimenti sono stati riscontrati negli anni '70 con una successiva diminuzione fino agli anni '90 quando tuttavia si sono evidenziati picchi di concentrazione in alcune stazioni;
- le matrici biologiche, assieme ai sedimenti, sono risultate quelle maggiormente interessate dall'inquinamento: benthos litorale (*Dreissena* e *Unio*), pesci e uova di germano reale e di svasso si sono dimostrati utili bioindicatori, tanto è vero che i molluschi provenienti dalla Baia di Pallanza hanno presentato livelli di contaminazione assai più alti di quelli raccolti in altre zone del lago;

- la contaminazione del popolamento ittico è invece risultata generalizzata nell'intero bacino lacustre mostrando tuttavia un trend in diminuzione delle concentrazioni dei DDTs dal 1996 al 1998.

Nel frattempo, a partire dal giugno 1996, presso l'insediamento industriale di Pieve Vergonte erano state gradualmente assunte misure di salvaguardia dall'inquinamento concordate con le competenti Autorità statali, quali la demolizione e messa in sicurezza dell'impianto nonché il risanamento e la protezione dell'acqua di falda mediante emunzione e trattamento. Ulteriori provvedimenti, tuttora in attesa di una definitiva approvazione, riguarderanno nei prossimi anni il confinamento dei rifiuti e dei terreni inquinati in strutture che li isolino stabilmente dall'ambiente e l'allargamento di tali bonifiche ai suoli contaminati e agli alvei del T. Marmazza e del F. Toce.

Le ricerche del 1998 avevano tuttavia messo in evidenza il rischio che i fenomeni di accumulo del DDT nell'ecosistema lacustre e nella catena alimentare sarebbero continuati per lungo tempo, anche successivamente all'eliminazione totale delle fonti dirette di inquinamento, sia perché questo composto e i suoi metaboliti (DDD e DDE) sono particolarmente stabili e persistenti essendo molto refrattari alla degradazione biochimica ed ai processi chimico-fisici di demolizione, sia per l'eventuale ricarica dei DDTs in lago operata per risospensione del sedimento fine rivierasco e, soprattutto, di quello fluviale del Toce, in occasioni di forte ondatazione e di consistenti eventi di piena. A ciò si aggiungeva infine la doverosa raccomandazione di seguire le fasi della bonifica con idonee operazioni di controllo.

Del resto, la natura dei risultati di un unico anno di indagini non poteva che essere interlocutoria e parziale, se si tiene conto che il tempo teorico di ricambio delle acque del lago Maggiore è di 4 anni e che, per inquinanti persistenti quali il DDT, i processi di diffusione e rilascio da parte del terreno, del sottosuolo e dei sedimenti fluviali e lacustri, possono compiersi in tempi molto lunghi, dipendenti dalla vastità dell'area contaminata e dall'evoluzione dei fenomeni meteorologici, geochimici ed ecologici che la caratterizzano.

Date queste premesse, la Commissione internazionale per la Protezione delle Acque italo-svizzere ha predisposto un progetto di monitoraggio del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore a più lunga scadenza, della durata di cinque anni, allargato anche alla indagine sulla presenza in vari comparti ambientali di contaminanti metallici tossici (Hg, As, Cu, Cd) e di altri POPs quali PCBs, esaclorobenzene, lindano ed isomeri, nonché diversi pesticidi (T-eptacloro, dieldrin, endrin, metoxyclor, mirex).

Le ricerche così programmate hanno avuto inizio nell'aprile 2001 e si sono svolte sotto il coordinamento scientifico del CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi di Pallanza. Il primo anno di indagini si è chiuso nel marzo 2002 e il presente rapporto rassegna pertanto i risultati conseguiti sui singoli comparti ecosistemici dagli esecutori delle indagini, vale a dire i seguenti Enti:

- CNR Istituto di Ricerche Sulle Acque, Brugherio
- CNR Istituto di Geologia Marina, Bologna
- Università degli Studi di Milano. Dipartimento di Biologia. Sezione Ecologia
- Università degli Studi dell'Insubria. Polo di Como. Dipartimento di Scienze CC. FF. MM.
- UPDA-SPAAS, Bellinzona
- ARPA Dipartimento Provinciale di Novara
- CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza (ex Istituto Italiano di Idrobiologia)

2. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI

2.1. Campionamento, preparazione dei campioni per le analisi di DDT e correlazione tra carote mediante studio diatomologico

Nel 2001, tra Maggio e Giugno, è stata completata la raccolta di carote di sedimento nelle stazioni previste dal contratto, vale a dire: 26 stazioni nel Bacino delle Isole Borromee o di Pallanza e 7 lungo l'asse principale del lago, una in più rispetto al piano di campionamento iniziale (Fig. 2.1.1). In diverse stazioni sono state prelevate da due a quattro carote.

Delle 26 carote raccolte nel Bacino di Pallanza, 10 sono state sezionate in modo continuo dalla superficie al fondo e, al fine di una loro datazione, sottoposte ad analisi radiometriche mediante gli isotopi ^{137}Cs e ^{210}Pb ; (v. relazione di L. Langone, CNR Istituto per la Geologia Marina, Bologna per una completa esposizione dei risultati) e al conteggio ed identificazione delle diatomee; queste 10 carote sono state analizzate in dettaglio per i composti organo-clorurati. Delle rimanenti 16 carote è stato invece sub-campionato soltanto lo strato o gli strati più superficiali (Fig. 2.1.1). Infatti, uno strato di circa 1,5-2 cm a composizione litologica simile in tutte le stazioni, composto di materiale fine, misto organico/inorganico, alla superficie di quasi tutte le carote, rappresenta la componente più leggera dell'enorme massa di detrito trasportata dai tributari al Lago Maggiore nel corso dell'evento alluvionale dell'Ottobre 2000. Si è ritenuto pertanto utile prelevare ed analizzare oltre questo strato anche quello sottostante, a tessitura più grossolana, anch'esso riferibile al medesimo evento meteorologico. La distribuzione e lo spessore dello strato di torbida sono riportati in Fig. 2.1.2.

Su tutte le carote sono state effettuate le analisi diatomologiche. Scopo di questo studio sui resti sub-fossili di diatomee è quello di correlare, e indirettamente di datare, tra loro tutte le carote prelevate nelle varie zone del lago. Le coordinate geografiche dei punti di prelievo e la loro distribuzione areale sono riportate rispettivamente nella Tabella 2.1.1. In alcune stazioni si è reso necessario il prelievo di una seconda carota (denominata B=*bis*): tutte sono state messe a confronto e correlate mediante analisi litologica, e di suscettività magnetica. Per il campionamento si è utilizzato un carotiere a gravità con tubi trasparenti in PVC del diametro interno di 63 mm. In laboratorio le carote sono state tagliate, aperte, fotografate ed infine sub-campionate in sezioni da 0,5-1,0 cm per l'analisi chimica dei composti organoclorurati. Poiché per un certo numero di carote prelevate nel Bacino di Pallanza si sono notate numerose torbidità - particolarmente notevole quella riferibile all'alluvione dell'Ottobre 2000 - le sezioni di sedimento sub-campionate sono state normalmente più numerose di quelle previste.

Oltre alle analisi di DDT e composti congeneri, metalli (es. Hg) e PCBs, attualmente in corso, per ciascuna carota si sono analizzati il contenuto di acqua e sostanza organica per calcinazione in muffola rispettivamente a 60°C e 550°C (Figg. 2.1.3 e 2.1.4; Tabelle 2.1.2 e 2.1.3). La sostanza organica nei sedimenti del Lago Maggiore è generalmente bassa e compresa tra 0,5 e 10% del peso secco con picchi di circa 10-20% in concomitanza di eventi particolari riferibili ad apporti alloctoni di materiale vegetale. Soltanto la carota 32B ha valori leggermente più elevati. La percentuale di materia secca, un parametro indicatore di apporti alloctoni minerali è, come atteso, maggiore di 50 nelle stazioni vicine ai tributari ed compresa tra 20 e 30% in quelle di centro lago e quindi corrispondenti alle massime profondità. Dall'esame delle curve (Fig. 2.1.5) non si evidenziano particolari situazioni con valori più elevati nei sedimenti più profondi e una sostanziale uniformità dei profili determinata dalla prevalenza di materiale clastico in tutte le carote prelevate.

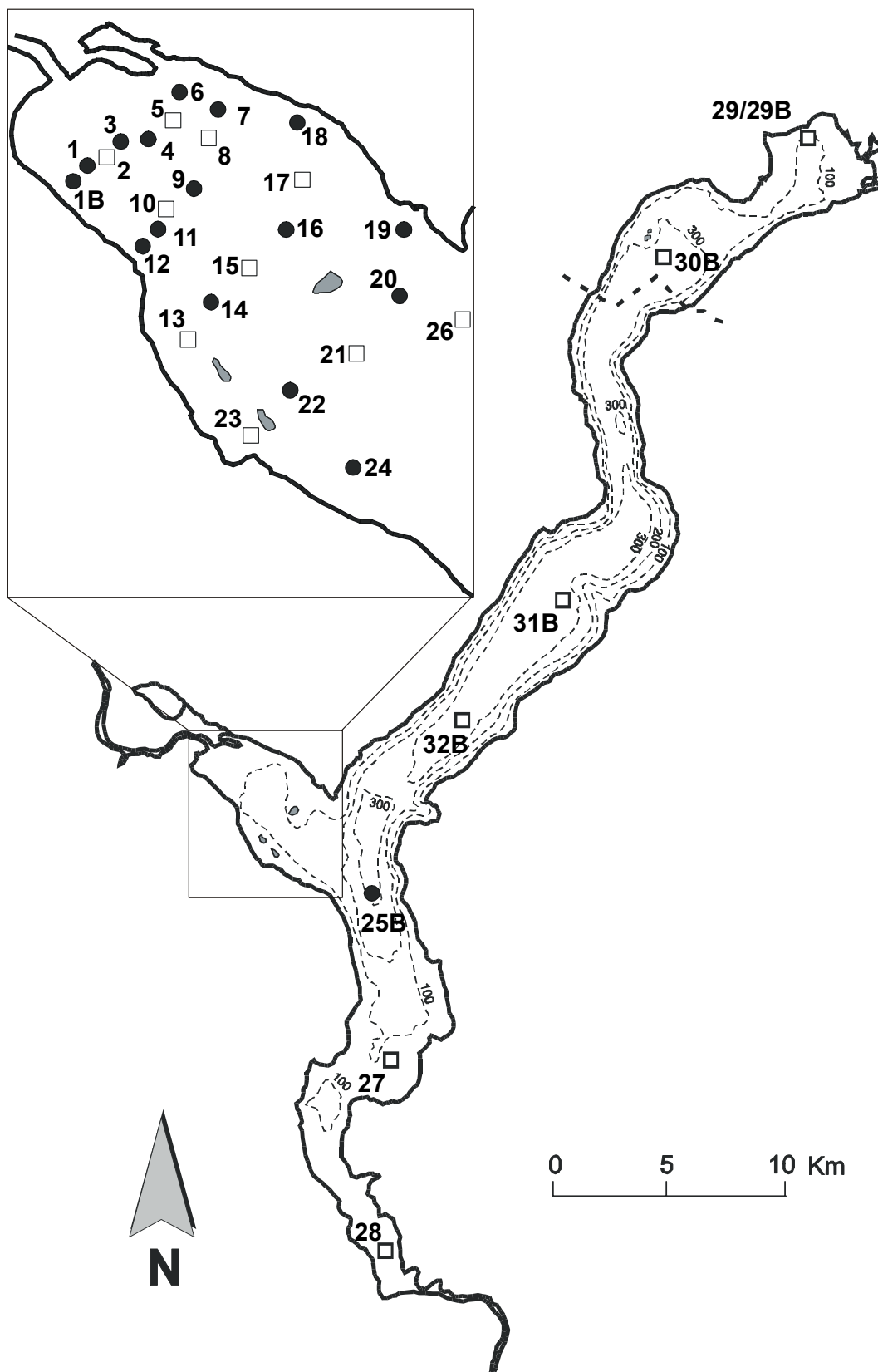


Fig. 2.1.1. Distribuzione delle carote di sedimento prelevate nel Lago Maggiore nell'anno 2001:
 □ carote sottoposte a datazione con metodi radiometrici;
 ● carote per le quali sono previste analisi di DDT soltanto per i primi centimetri superficiali.

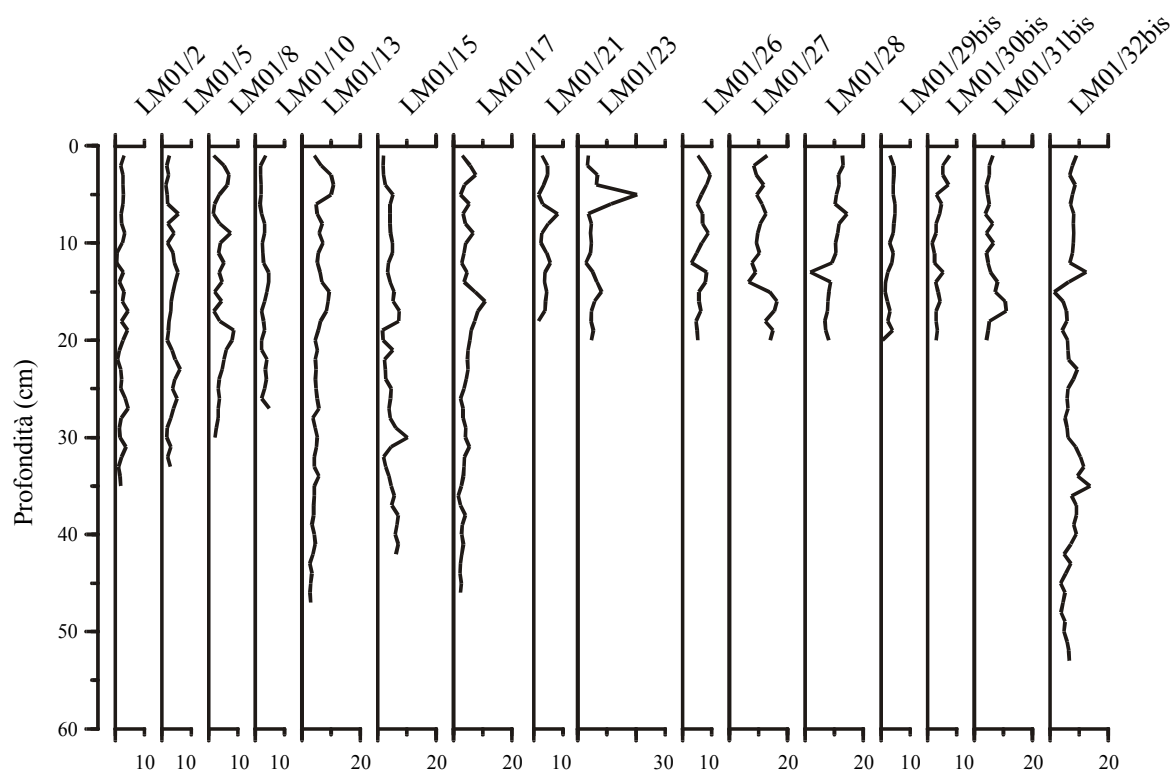


Fig. 2.1.3. Profilo del contenuto percentuale in sostanza organica (*Loss on ignition*, LOI) lungo alcune carote prelevate nel 2001 nel Lago Maggiore.

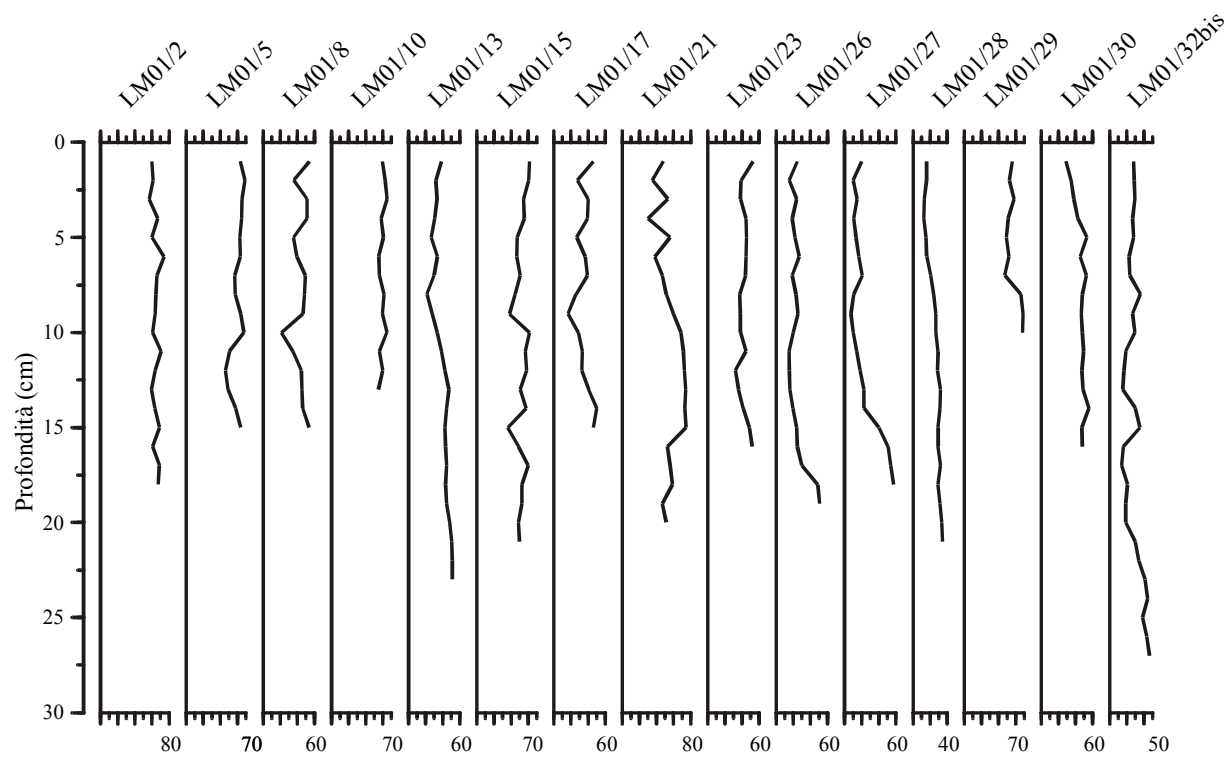


Fig. 2.1.4. Profilo del peso secco in percentuale rispetto al peso fresco lungo alcune carote prelevate nel 2001 nel Lago Maggiore.

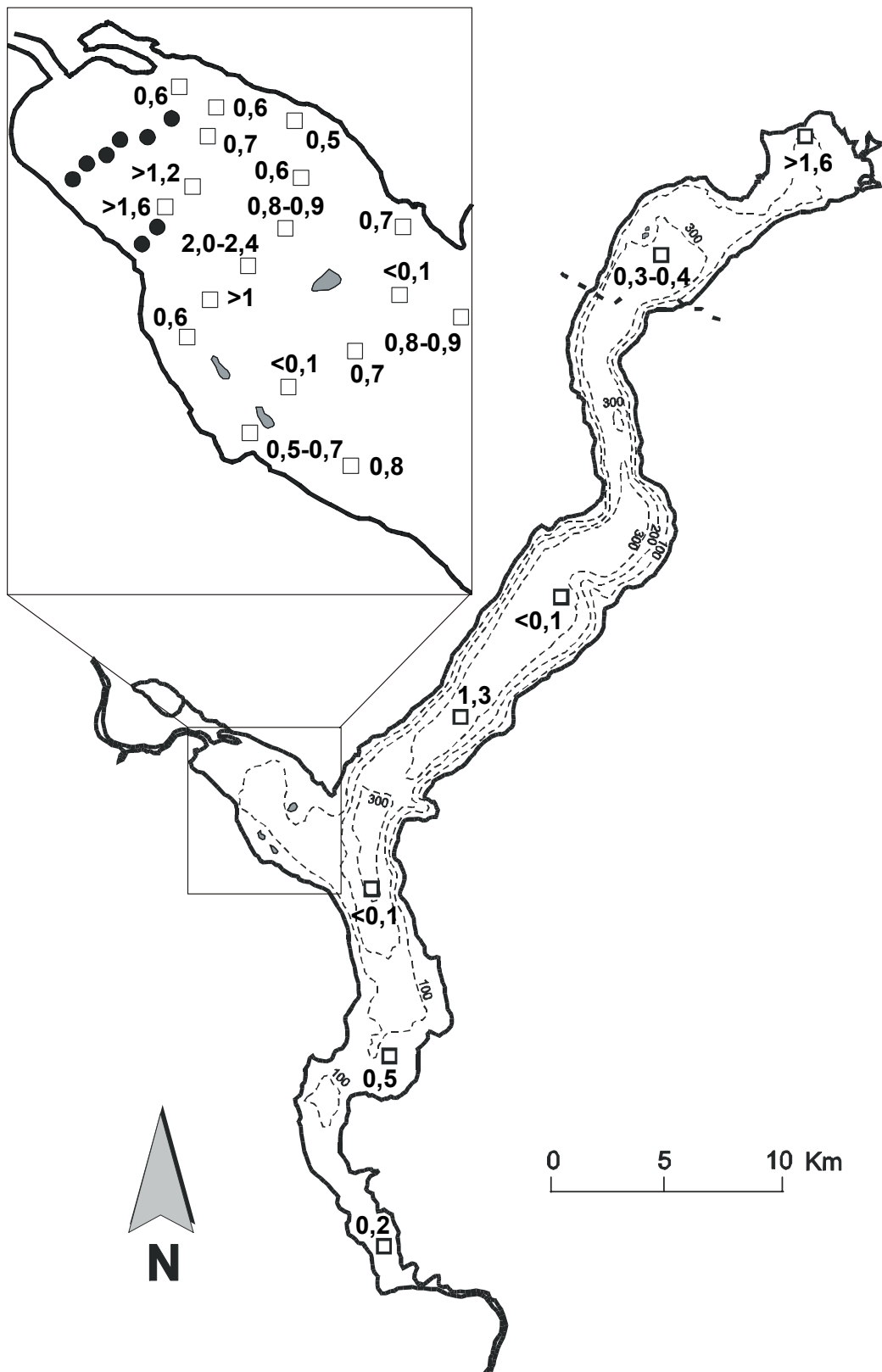


Fig. 2.1.5. Tassi di sedimentazione (cm a⁻¹) ad esclusione dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000:
 □ tassi di sedimentazione riferiti al periodo 1989-2000;
 ● carote con più di 20 cm di materiale alloctono, tasso di sedimentazione non riportato.

Tabella 2.1.1. Localizzazione geografica, profondità di prelievo e lunghezza delle carote prelevate nel Lago Maggiore nel maggio–giugno 2001.

STAZ.	LATITUDINE			LONGITUDINE			Profondità m	Lunghezza cm
	gradi	primi	secondi	gradi	primi	secondi		
1	45	55	35	8	29	20	64	38,5
1B	45	55	25	8	29	37	69	37
2	45	55	37	8	29	31	88	36
3	45	55	47	8	30	1	72	26
4	45	55	52	8	30	11	66	19
5	45	55	55	8	30	22	63	33
6	45	56	1	8	30	35	54	37
7	45	55	58	8	31	8	88	38,5
8	45	55	39	8	31	2	107	30
9	45	55	23	8	30	57	108	18
10	45	55	16	8	30	42	122	27,5
11	45	55	2	8	30	22	118	36
12	45	54	58	8	30	19	84	32
13	45	54	15	8	30	47	32	47
14	45	54	28	8	31	7	120	30
15	45	54	43	8	31	34	149	43
16	45	55	4	8	31	52	117	20,5
17	45	55	27	8	31	56	123	46
18	45	55	46	8	32	6	112	48,5
19	45	55	8	8	33	11	17	39
20	45	54	41	8	33	1	138	61,5
21	45	55	14	8	32	31	160	40
22	45	53	52	8	31	51	158	45
23	45	53	39	8	31	26	55	32
24	45	53	22	8	32	25	145	26,5
25	45	52	48	8	34	46	316	59,5
25B	45	52	43	8	34	47	312	52,5
26	45	54	24	8	33	36	266	38
26B	45	54	29	8	33	36	266	68
27	45	48	45	8	34	8	85	37,5
27B	45	48	45	8	43	8	94	35
28	45	44	49	8	34	51	26,5	44
28B	45	44	45	8	34	53	26,5	37,5
29	46	9	37	8	50	4	101	26
29B	46	9	46	8	50	10	102	36
30	46	7	25	8	45	2	250	68
30B	46	7	27	8	45	13	241	39,5
31	45	59	52	8	40	50	375	39
32B	45	57	28	8	38	6	375	68,5

Tabella 2.1.2. Contenuto in sostanza organica (*Loss on ignition* [LOI], % sul peso secco) per alcune carote prelevate nel 2001 nel Lago Maggiore.

Profondità cm	LM01 2	LM01 5	LM01 8	LM01 10	LM01 13	LM01 15	LM01 17	LM01 19	LM01 21	LM01 22	LM01 23	LM01 26	LM01 27	LM01 28	LM01 29B	LM01 30B	LM01 31B	LM01 32B
0 - 1	3,0	2,7	2,0	3,7	4,2	2,1	3,2	11,7	3,0	2,2	3,6	5,3	13,2	12,9	3,2	7,6	6,4	9,2
1 - 2	2,0	1,6	5,4	1,8	6,7	2,0	5,8		4,7		3,4	7,8	8,5	13,0	4,6	5,4	5,4	7,6
2 - 3	2,7	2,2	7,1	1,8	10,2	2,0	7,8		4,9		7,0	9,5	9,3	11,5	4,6	5,4	5,3	6,9
3 - 4	2,7	1,5	6,5	2,0	10,9	2,7	3,8		3,4		6,5	8,4	11,9	11,8	4,3	7,4	4,2	8,6
4 - 5	2,9	1,9	3,6	2,1	10,0	5,3	2,6		1,8		20,6	6,5	9,6	11,0	4,3	3,0	4,8	7,7
5 - 6	2,8	2,1	2,2	1,8	4,9	4,4	5,6		3,2		11,5	5,0	11,2	10,3	4,8	4,8	5,3	7,2
6 - 7	2,0	5,7	1,7	2,3	5,3	4,3	3,2		8,2		3,8	6,9	12,7	14,4	4,9	4,2	3,9	8,2
7 - 8	2,2	2,1	4,0	3,3	7,2	4,3	4,1		5,2		4,9	7,0	10,6	11,8	4,5	3,2	6,4	8,2
8 - 9	3,2	4,3	7,7	3,3	6,2	4,4	6,9		2,9		4,5	8,9	9,9	11,3	4,3	3,2	4,4	8,4
9 - 10	2,5	2,0	4,2	2,6	7,4	5,0	4,3		2,4		4,9	6,7	9,3	10,5	3,2	1,7	6,7	8,2
10 - 11	0,7	3,9	3,5	2,8	5,7	5,1	3,6		4,5		4,5	4,8	10,5	10,7	4,4	2,5	4,3	7,7
11 - 12	0,5	4,2	5,3	2,8	5,3	3,7	2,9		5,6		2,9	3,2	7,9	9,4	3,9	2,6	4,8	6,8
12 - 13	2,9	5,5	3,6	4,7	6,2	3,6	4,7	9,8	3,9		5,2	8,2	9,1	1,9	2,4	5,4	5,6	12,5
13 - 14	1,5	4,7	4,8	4,7	6,9	4,3	3,6		3,7		6,6	7,9	6,7	8,9	1,7	2,9	8,1	6,4
14 - 15	3,1	3,9	2,1	4,1	9,4	5,6	7,5		4,4	4,6	8,2	5,6	13,9	8,3	1,4	3,6	7,3	1,6
15 - 16	2,5	3,4	4,5	3,3	9,1	5,3	10,9		4,1		5,9	5,6	16,5	7,8	2,2	4,6	10,8	4,6
16 - 17	4,5	3,1	2,0	2,3	8,5	7,5	8,6		3,9		5,0	6,3	15,5	7,8	3,2	3,1	11,1	5,7
17 - 18	2,2	2,6	3,8	2,9	6,5	7,3	7,2		1,7		4,6	4,7	12,6	6,9	2,5	3,1	5,3	6,0
18 - 19	4,4	2,4	8,7	3,3	5,6	1,7	6,0				5,6	5,2	15,1	7,1	4,0	3,4	4,9	4,4
19 - 20	2,7	1,9	8,2	2,3	4,7	1,8	5,7				4,9	5,4	14,1	8,3	0,7	3,1	4,4	6,1
20 - 21	1,4	3,5	6,1	2,2	5,3	5,3	5,0											6,3
21 - 22	0,8	4,8	5,3	4,0	4,7	2,3	5,0											6,5
22 - 23	1,9	6,2	4,7	3,5	5,0	2,7	5,1											9,5
23 - 24	2,2	4,5	3,8	3,8	4,6	2,8	4,5											8,0
24 - 25	2,0	3,8	3,2	3,2	4,8	4,6	3,7											6,3
25 - 26	3,5	5,2	3,8	2,3	5,4	4,5	2,5											5,9
26 - 27	4,4	4,2	3,4	4,8	5,8	3,8	3,2											6,3
27 - 28	2,0	3,1	3,4		4,0	4,4	3,4											5,3
28 - 29	1,5	1,9	2,6		4,7	6,4	4,2											5,9
29 - 30	1,6	1,8	2,3		5,4	10,2	4,0											6,4
30 - 31	3,7	3,0			5,1	4,6	5,5											8,8
31 - 32	2,2	2,1			4,3	2,0	3,8											10,5
32 - 33	1,1	2,9			4,2	2,9	3,8											11,7
33 - 34	1,7				5,8	3,9	3,5											9,4
34 - 35	1,8				4,4	4,6	2,6											14,0
35 - 36					4,4	5,7	1,6											7,5
36 - 37					4,2	4,9	2,6											9,2
37 - 38					4,1	7,2	4,1											9,2
38 - 39					3,5	6,6	3,2											8,4
39 - 40					4,2	6,2	2,9											9,2
40 - 41					4,7	7,1	3,5											7,4
41 - 42					3,9	6,2	2,9											5,0
42 - 43					3,0		2,6											7,4
43 - 44					3,5		2,4											5,6
44 - 45					3,2		2,6											3,7
45 - 46					2,9		2,4											5,2
46 - 47					3,1													4,5
47 - 48																		3,9
48 - 49																		5,4
49 - 50																		4,9
50 - 51																		5,9
51 - 52																		6,4
54 - 55																		6,6

Profondità (cm)	LM01 1	LM01 1B	LM01 3	LM01 4	LM01 6	LM01 7	LM01 9	LM01 11	LM01 12	LM01 14	LM01 16	LM01 18	LM01 20	LM01 24	LM01 25B
0 - 1	3,2	4,8	4,5	2,6	3,5	2,9	3,5	4,3	3,9	3,9	3,1	3,2	6,2	2,8	4,0
1 - 2	2,1	2,2	1,8	2,0	4,6	7,3	2,1	2,3	2,2	2,1	1,9	3,9		1,6	

Tabella 2.1.3. Peso secco in percentuale rispetto al peso fresco per alcune carote prelevate nel 2001 nel Lago Maggiore

Profondità (cm)	LM01 2	LM01 5	LM01 8	LM01 10	LM01 13	LM01 15	LM01 17	LM01 21	LM01 23	LM01 26	LM01 27	LM01 28	LM01 30	LM01 32B	Profondità (cm)	LM01 29
0-2	60,6	63,8	54,2	59,5	39,0	61,7	46,7	48,3	53,3	25,2	20,0	16,3	28,8	28,2	0-1	54,8
2-4	61,8	68,8	36,7	62,7	32,1	61,0	27,4	35,5	38,7	15,9	10,4	16,1	34,9	29,0	1-2	57,7
4-6	56,8	66,0	51,5	65,0	34,0	55,2	40,4	53,4	38,6	24,3	14,8	14,0	38,6	29,5	2-3	52,4
6-8	66,8	65,3	51,8	58,3	31,2	55,8	40,0	30,1	44,7	18,9	11,0	13,0	42,9	27,1	3-4	53,4
8-10	60,2	63,0	35,7	60,7	26,7	47,5	27,2	56,0	45,8	22,1	13,6	15,8	53,8	28,1	4-5	54,4
10-12	74,2	63,6	39,5	55,8	34,0	46,8	36,8	38,5	45,1	27,0	16,9	16,6	45,5	22,7	5-6	62,2
12-14	66,4	57,1	49,6	56,6	30,4	50,9	39,5	47,2	44,4	18,9	21,2	21,2	52,9	23,5	6-7	55,6
14-16	64,9	57,8	48,9	61,5	21,7	45,0	26,2	51,5	37,4	23,5	10,7	24,2	48,3	36,2	7-8	47,3
16-18	64,2	64,1	47,2	59,9	27,7	38,5	16,8	60,3	38,3	26,0	7,6	27,1	47,1	26,7	8-9	51,0
18-20	60,7	68,0	21,6	64,8	33,5	62,0	29,1	69,3	38,0	20,1	10,4	27,2	48,2	29,5	9-10	48,4
20-22	71,0	50,9	34,7	56,1	39,0	56,9	33,8	72,0	44,9	15,1	14,7	29,5	49,5	19,1	10-11	51,2
22-24	64,2	46,2	45,3	60,2	42,9	58,4	33,1	73,1	32,3	15,4	18,4	28,9	47,7	17,1	11-12	54,0
24-26	59,6	49,0	46,0	54,9	47,6	50,9	41,0	74,1	36,5	16,3	22,9	32,3	49,3	16,0	12-13	45,8
26-28	63,7	58,6	46,1		45,3	57,7	50,3	74,0	41,6	19,9	23,1	31,6	55,6	30,1	13-14	49,3
28-30	68,8	64,3	54,2		43,0	36,4	46,3	75,2	49,0	24,6	40,2	29,8	47,6	35,7	14-15	64,8
30-32	60,7				43,9	49,1		52,8	52,6	25,2	51,0	29,8	48,3	16,0	15-16	67,8
32-34	68,8				45,0	60,1		56,6		30,2	54,6	32,3		14,6	16-17	67,8
34-36	67,7				43,3	52,9		59,1		48,7	57,9	29,6		20,9	17-18	70,2
36-38					44,8	52,9		47,0		50,9		31,6		19,0	18-19	70,2
38-40					48,2	48,9		51,3				33,4		19,2	19-20	66,2
40-42					50,7	50,0						35,2		30,3		
42-44					51,5									34,2		
44-46					51,9									41,4		
46-48														44,5		
48-50														38,2		
50-52														43,3		
52-54														47,0		

Uno degli scopi principali di questa campagna di prelievo è stato quello di poter descrivere, e confrontare tra di loro le carote ed evidenziarne le caratteristiche litologiche comuni. Sapendo di avere a disposizione un materiale sedimentario altamente variabile uno studio di dettaglio di questo tipo è stato di primaria importanza anche per il futuro lavoro previsto dal contratto. Pertanto, sia le carote prelevate nel corso delle ricerche del 1998, sia quelle qui in discussione, sono state messe a confronto e si sono soprattutto valutati i differenti tassi di sedimentazione, stimati con i due diversi approcci metodologici su citati.

A questo proposito, l'analisi diatomologica si è dimostrata un valido strumento di supporto e di verifica delle misure radiometriche in quanto l'evoluzione temporale dei popolamenti a diatomee nel corso degli ultimi 50 anni è ben documentata sia dalla letteratura (Ruggiu 1989, Ruggiu *et al.* 1998), sia da uno studio recente sui sedimenti (Marchetto & Musazzi 2001; Marchetto *et al.* 2002) e quindi è possibile dai singoli profili riconoscere con un notevole grado di affidabilità i vari livelli in cui si sono verificate le principali modificazioni nella comunità planctonica.

In particolare dall'esame delle diverse carote è possibile individuare tre zone:

1. una zona più profonda, antica, non presente in tutte le carote, che comprende popolazioni di diatomee fortemente dominate da *Cyclotella comensis*, con la sporadica presenza di *Rhizosolenia (=Urosolenia) eriensis*, due specie caratteristiche di laghi oligotrofi.
2. una zona intermedia in cui *C. comensis* scompare gradualmente, e compaiono successivamente specie di acque mesotrofe, tra cui *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira* spp., *Stephanodiscus* spp.
3. una zona superficiale, all'incirca corrispondente all'ultimo decennio, in cui l'abbondanza delle specie caratteristiche di acque eutrofe e mesotrofe si riduce, e si ha un ritorno alla dominanza di *C. comensis*, ma con abbondanza relativa inferiore rispetto alla sezione più profonda.

4. Nei primissimi centimetri di alcune carote è stata inoltre notata la presenza di elevate densità di *Stephanodiscus* spp., e questo ritrovamento è da mettersi in relazione con lo sviluppo di questa diatomea nel plancton del Lago Maggiore negli anni 1999 e 2000, evento descritto dai colleghi che si occupano di plancton ed interpretato alla luce di altre vicende riconducibili alla completa circolazione delle acque del lago che ha rifertilizzato le acque superficiali con sali nutritivi per lungo tempo segregati nelle acque più profonde. Questa ultima fase non era ovviamente presente nelle carote prelevate nel 1998.

I punti di passaggio da una zona all'altra sono marcati dalla comparsa di percentuali significative di *Tabellaria flocculosa*. A partire dalla bibliografia citata, la fase di transizione tra la zona 2 e la zona 3 delle carote corrisponde con notevole affidabilità al 1989, quando le popolazioni di diatomee hanno risposto in modo netto al recupero delle migliori condizioni del lago.

Il punto di passaggio tra la zona 1 e 2 può essere fatto risalire ad una data di poco anteriore al 1965, quando Goldman *et al.* (1968) trovavano il plancton del Lago Maggiore ricco di *Tabellaria flocculosa*. Poiché in numerose carote questo cambiamento veniva rilevato in coincidenza con la universale massima concentrazione di ^{137}Cs da "fallout", si è ragionevolmente datato con l'anno 1963 questo livello sedimentario caratterizzato dalla fioritura di *Tabellaria flocculosa*. Nella stessa zona della carota è inoltre riconoscibile un netto cambiamento nella composizione litologica della carota che può anch'esso essere messo in relazione con la variazione dello stato trofico del Lago Maggiore in quegli anni.

L'esito ottimale del confronto su base temporale tra le principali fasi della successione dei raggruppamenti a diatomee ha permesso una sicura correlazione e datazione di molte carote (Tabelle 2.1.4 e 2.1.5). Dalla lettura di queste si può notare per molti casi una notevole coerenza tra i tassi di sedimentazione stimati con i metodi radiometrici e con l'osservazione dei cambiamenti nei tassi di sedimentazione desunti dallo studio sulle diatomee.

Le carote prelevate nelle immediate vicinanze del Fiume Toce sono infine caratterizzate dalla presenza di un notevole strato di deposito di piena spesso anche parecchi centimetri (Fig. 2.1.2) e da un elevato tasso di sedimentazione (Fig. 2.1.5). Per queste carote l'assenza di diatomee planctoniche ha permesso di confermare l'origine alloctona di questo materiale depositato recentemente.

Tabella 2.1.4. Profondità dei cambiamenti riferibili all'anno 1963 e 1989 nei popolamenti a diatomee e nella litologia delle carote prelevate nel 1998 e nel 2001 (A). Tassi di sedimentazioni stimati con ^{137}Cs , ^{210}Pb e stratigrafia diatomee (B). Dati limitati alle carote datate con metodi radiometrici.

Carota	A Profondità (cm)			B Tasso (cm anno ⁻¹)			
	diatomee 1989	diatomee ~1963	litologia ~1963	diatomee 1989	diatomee ~1963	litologia	^{137}Cs
1998							
LM98/01E	12,5	-	>20	1,39	-	>0,5	1,3
LM98/02A	14-22	-	varie torbide	1,4-2,4	-	-	1-1,5
LM98/03C	4	-	varie torbide	0,44	-	-	0,15*
LM98/04A	<1	-	solo antico	<< 0,1	-	-	0,03*
LM98/05C	3	23	24	0,33	0,64	0,67	>0,5
LM98/06A	9,5	-	32	1,06	-	0,89	1,0
LM98/07A	-	-	-	-	-	-	0,15
LM98/08A	2,5	10	-	0,28	0,28	-	0,17*
LM98/09A	7,5 circa	-	>12	0,8 circa	-	>0,3	0,8-1
LM98/10B	>6	-	>20	>0,67	-	>0,5	0,5-0,8
LM98/11A	-	-	-	-	-	-	0,2
LM98/13A	3	17	14	0,33	0,47	0,39	0,36*
2001							
LM01/2	solo sabbia, senza diatomee		tutto torbida	> 1,7	-	-	>2,4
LM01/5	> 32	-	torbida 20 cm	> 3	-	-	>2,0
LM01/8	9	-	-	0,75	-	-	0,8
LM01/10	> 26	-	torbida > 10 cm	> 2,1	-	-	>1,7
LM01/13	8	-	-	0,64	-	-	0,6
LM01/15	30-35	-	tutto torbida	2,5-2,9	-	-	>2,8
LM01/17	8	-	31	0,66	-	0,82	0,66
LM01/21	>9	-	-	> 0,75	-	-	0,8
LM01/23	7-9	-	-	0,58-0,75	-	-	0,9
LM01/26	10-12	-	42	0,8-1,0	-	1,11	0,8
LM01/27	6	ca. 20	18	0,5	ca. 0,53	0,47	0,47
LM01/28	2	11	10	0,17	0,29	0,26	0,2
LM01/29B	> 20	-	?	>1,67	-	-	> 1,33
LM01/30B	3-5	14	-	0,25-0,41	0,37	-	0,33
LM01/32B	17	40	-	1,42	1,05	-	1,40

* Tassi stimati con il metodo del ^{210}Pb (modelli CRS, *Constant rate of Supply* e CIC, *Constant Initial Concentration*).

Tabella 2.1.5. Spessore del materiale accumulato durante l'alluvione dell'ottobre 2000 (torbida), profondità dei cambiamenti riferibili all'anno 1963 e 1989 nei popolamenti a diatomee e tassi di sedimentazione stimati.

Carota	Spessore torbida (cm)	Profondità cambiamenti (cm)		Tasso di sedimentazione (cm a ⁻¹)		
		1989	1963	1989-2001	1989-2000	1963-2000
LM2001/1	> 20	-	-	> 20	-	-
LM2001/1B	> 21	-	-	> 21	-	-
LM2001/2	> 20	-	-	> 20	-	-
LM2001/3	> 20	-	-	> 20	-	-
LM2001/4	> 20	-	-	> 20	-	-
LM2001/5	20	>32	-	> 2,5	> 1,0	-
LM2001/6	0	7	-	0,58	0,58	-
LM2001/7	0	7	-	0,58	0,58	-
LM2001/8	1	9	-	0,75	0,67	-
LM2001/9	ca. 3	> 17	-	> 1,4	> 1,2	-
LM2001/10	> 6	> 26	-	> 2	> 1,6	-
LM2001/11	> 20	-	-	> 20	-	-
LM2001/12	ca. 21	> 28	-	> 2,3	> 0,5	-
LM2001/13	1	8	-	0,67	0,58	-
LM2001/14	ca. 15	> 28	-	> 2,3	> 1,0	-
LM2001/15	6	30 - 35	-	2,5 - 3,0	2,0 - 2,4	-
LM2001/16	1	9 - 11	-	0,83 - 1,0	0,75 - 0,91	-
LM2001/17	1	8	-	0,67	0,58	-
LM2001/18	0	5,5	-	0,46	0,46	-
LM2001/19	0	8	13	0,67	0,67	0,34
LM2001/20	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
LM2001/21	1	> 9	-	> 0,75	> 0,67	-
LM2001/22	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
LM2001/23	1	7 - 9	-	0,58 - 0,75	0,50 - 0,67	-
LM2001/24	6	15	-	1,25	0,75	-
LM2001/25B	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
LM2001/26	1	10 - 12	-	0,8 - 1,0	0,75 - 0,91	-
LM2001/27	0	6	ca. 20	0,50	0,50	ca. 0,5
LM2001/28	0	2	11	0,17	0,17	0,29
LM2001/29B	1	>20	-	> 1,6	> 1,6	-
LM2001/30B	0	3 - 5	14	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4	0,37
LM2001/31B	<1	< 1	<1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
LM2001/32B	1	17	40	1,4	1,33	1,1

Bibliografia

- Goldman, C.R., M. Gerletti, P. Javornicky, U. Melchiorri-Santolini & E. De Amezaga. 1968 Primary productivity, bacteria, phyto- and zooplankton in Lake Maggiore: correlations and relationships with ecological factors. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 23: 49-127.
- Marchetto, A. & S. Musazzi. 2001. Comparison between sedimentary and living diatoms in Lago Maggiore (N. Italy): implications of using transfer functions. *J. Limnol.* 60: 19-26.
- Marchetto, A., A. Lami, S. Musazzi, J. Massaferrò, L. Langone & P. Guilizzoni. 2002. Lake Maggiore (N. Italy) trophic history: fossil diatom, plant pigments, chironomids and comparison with long-term limnological data. *Quaternary International* (in press).
- Ruggiu, D. 1989. An evaluation of phytoplankton communities of Lago Maggiore typifying the stages of its trophic evolution. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 46: 89-102.
- Ruggiu, D., G. Morabito, P. Panzani & A. Pugnetti. 1998. Trends and relations among basic phytoplankton characteristics in the course of the long-term oligotrophication of Lake Maggiore (Italy). *Hydrobiologia*, 369/370: 243-257.

2.2. Cronologia per mezzo di ^{137}Cs dei sedimenti contaminati da DDT del Lago Maggiore

Premessa

Nell'ambito del Progetto "Monitoraggio della presenza di DDT nell'ecosistema Lago Maggiore" l'unità operativa del CNR-IGM di Bologna ha avuto il compito di misurare l'attività di ^{137}Cs nei sedimenti più superficiali, allo scopo di datare i sedimenti e di permettere la ricostruzione della storia della contaminazione da microinquinanti del Lago Maggiore negli ultimi 15 anni. Nel primo anno del progetto (aprile 2001- aprile 2002) sono stati misurati i profili di ^{137}Cs di 15 carote di sedimento del lago Maggiore (di cui 10 nella Baia di Pallanza), una del tributario Verzasca ed una del Lago di Lugano. In tutte le carote è stato cercato il valore di picco del ^{137}Cs il quale è stato cronologicamente associato al disastro di Chernobyl che nel 1986 ha disperso in atmosfera una considerevole quantità di ^{137}Cs e che poi è ricaduta a terra in una fascia latitudinale sottovento al sito dell'esplosione comprendente numerosi paesi dell'Europa centro-settentrionale. Sono stati successivamente calcolate le velocità di sedimentazione in cm a^{-1} per ogni sito indagato dividendo la profondità in cm alla quale è stato rintracciato il picco di radiocesio per il tempo trascorso tra l'incidente alla centrale nucleare e il campionamento dei sedimenti del lago (1986-2001 = 15 anni).

Materiali e Metodi

Per una descrizione dettagliata dei materiali utilizzati ci si può riferire alla relazione del gruppo dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi del CNR di Pallanza (Marchetto *et al.*, al cap. 2.1. del presente rapporto) che ha curato il campionamento dei sedimenti e la successiva fase di preparazione dei campioni. In laboratorio le carote sono state tagliate longitudinalmente, descritte, fotografate e subcampionate in livelli di 2 cm di spessore, ad eccezione di quella del Verzasca e del Lago di Lugano con fette spesse 1,5 cm e della carota LM01-29 sezionata in livelli da 1 cm. I campioni sono stati seccati in stufa a 60°C e delicatamente disaggregati. Sono state quindi preparate le geometrie di conteggio. La misura dell'attività del ^{137}Cs , espressa in Bq kg^{-1} (Bq, Becquerel – decadimenti per secondo), è stata effettuata presso il Laboratorio di Misure Radiometriche dell'Istituto per la Geologia Marina del CNR di Bologna mediante spettrometria gamma utilizzando 2 HPGe detector coassiali al germanio intrinseco EG&G ORTEC (un GEM, p-type e un GMX, n-type) con efficienza nominale di circa il 20%. La taratura in energia ed efficienza è stata effettuata utilizzando sorgenti QCY preparate per le medesime geometrie di conteggio dei campioni. Il tempo di conteggio per ogni singolo campione è variato tra 24 e 72 ore in relazione alla quantità di campione disponibile e al valore di attività di ^{137}Cs atteso. Il calcolo delle attività del ^{137}Cs è stata effettuato mediante l'applicazione del software Silena Silgamma. A causa del limitato peso di campione messo a disposizione per le misure radiometriche di alcune carote (es. Lugano), gli errori associati alla misura talvolta superano il 10%. Nella maggior parte dei casi invece si aggirano intorno al 5%.

Risultati

I profili di profondità dell'attività del ^{137}Cs sono mostrati in Fig. 2.2.1. Complessivamente sono stati misurati 178 campioni di 17 carote. Talora il picco di attività del ^{137}Cs relativo all'evento di Chernobyl è stato rintracciato in modo semplice e veloce, altre volte ha richiesto un maggior numero di misure, variabili da 8 a 14 livelli per carota (Tabella 2.2.1).

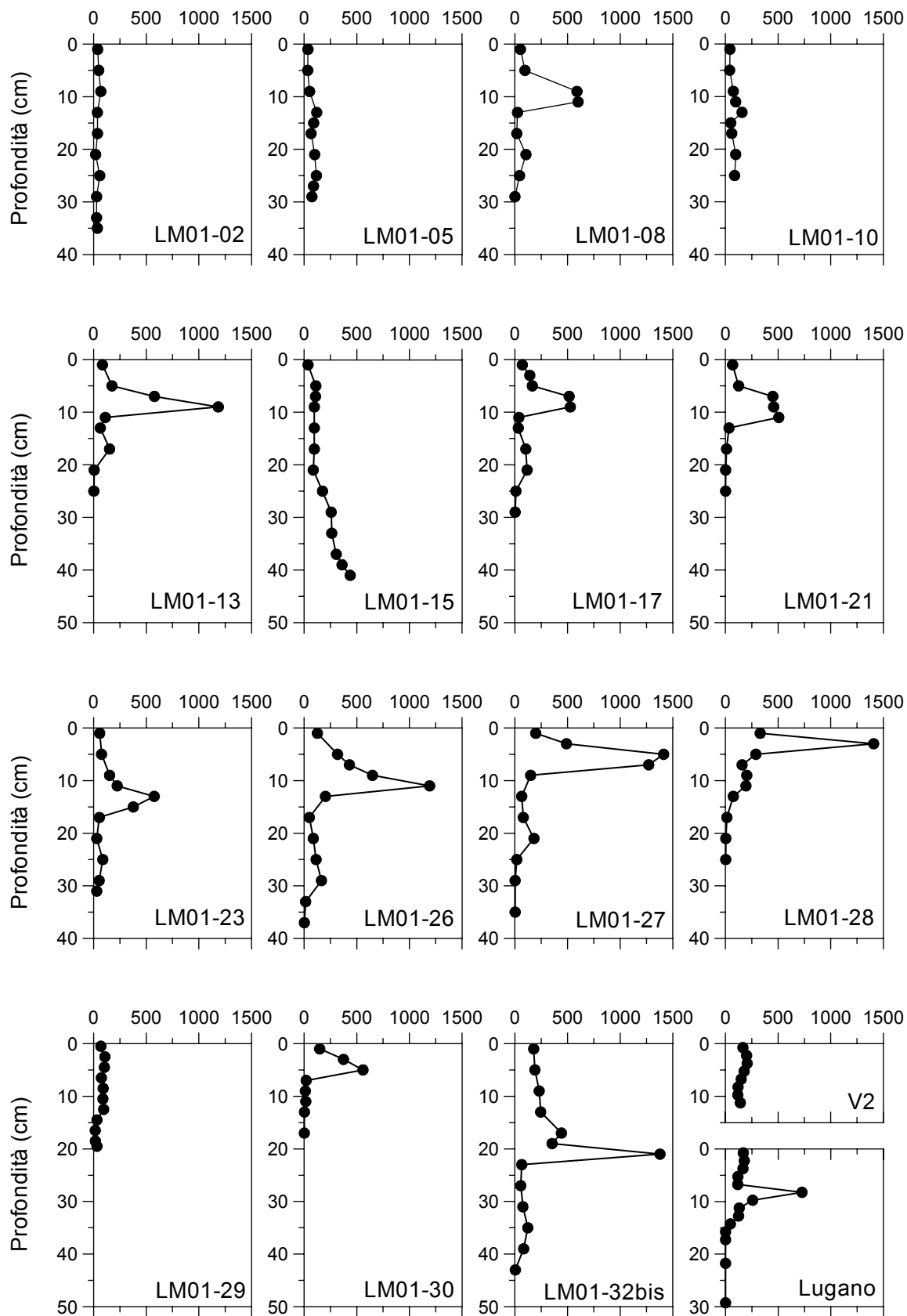


Figura 2.2.1. Profili di profondità di ^{137}Cs in Bq kg^{-1} , relativi alle carote di sedimento raccolte nel Lago Maggiore, nel Fiume Verzasca e nel Lago di Lugano. Quando presente, il valore di picco è stato associato al disastro nucleare di Chernobyl del 1986.

Tabella 2.2.1. Sintesi delle misure radiometriche del ^{137}Cs .

Carota	Livelli misurati	Profondità picco ^{137}Cs (cm)	Max attività ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	Velocità di sedimentazione (cm anno^{-1})	Tasso di accumulo ($\text{g cm}^{-2} \text{ anno}^{-1}$)
LM01-2	10	>36	69	>2,40	>2,59
LM01-5	10	>30	120	>2,0	>1,99
LM01-8	9	12	600	0,80	0,57
LM01-10	9	>26	158	>1,70	>1,69
LM01-13	9	9	1184	0,60	0,32
LM01-15	13	>42	438	>2,80	>2,34
LM01-17	11	10	526	0,67	0,39
LM01-21	9	12	506	0,80	0,56
LM01-23	11	14	573	0,90	0,65
LM01-26	12	12	1192	0,80	0,32
LM01-27	11	7	1412	0,47	0,15
LM01-28	10	3	1408	0,20	0,07
LM01-29	11	>20	107	>1,33	>1,24
LM01-30	8	5	559	0,33	0,18
LM01-32B	13	21	1378	1,40	0,65
V2	8	-	206	-	-
Lugano	14	8,25	726	0,55	-

In alcuni casi infine un valore di picco non è stato rintracciato affatto (carota LM01-02, 05, 10, 15 e 29) per tutta la lunghezza della carota. La profondità nella carote di sedimento alla quale è stato rintracciato il picco di attività di ^{137}Cs è variato da 3 a 21 cm.

Per i campioni in cui il picco non è stato osservato, si deve supporre che questo sia posizionato ad una profondità maggiore della lunghezza della carota (es. più profondo di 42 cm nella carota LM01-15). Quando presente invece il picco di ^{137}Cs è ben evidente, con attività fino a 1412 Bq kg^{-1} , contro un valore di fondo da uno a due ordini di grandezza più bassi. Questa caratteristica implica che diffusione molecolare e/o mescolamento fisico e biologico non sono processi significativi nella formazione del profilo di ^{137}Cs , aumentando il grado di affidabilità dei calcoli delle velocità di sedimentazione.

Inoltre questa peculiarità minimizza il margine di errore delle stime di velocità di sedimentazione dovuto alle bassissime quantità di campione che si è dovuto utilizzare per il conteggio. Riguardo la carota del Verzasca, il profilo non mostra un picco facilmente ed inequivocabilmente attribuibile all'incidente di Chernobyl (Fig. 2.2.1). Rimane quindi una carota per la quale non si è potuto produrre un valore di velocità di sedimentazione. I massimi valori di attività di ^{137}Cs sono generalmente inversamente correlati con il tasso di sedimentazione. Ad esempio tutte le carote caratterizzate da velocità di sedimentazione molto elevate presentano valori di ^{137}Cs contenuti.

Tuttavia altri fattori influenzano i valori di cesio misurati nelle carote del lago. Tra questi possono essere citati la profondità di campionamento e la distanza dalle fonti di sedimento. Le massime attività sono state misurate in stazioni (LM01-27 e LM01-28) caratterizzate da bassi accumuli di sedimento, lontananza dai punti di immissione degli apporti solidi e profondità d'acqua più modeste.

In generale i tassi di sedimentazione più alti (superiori anche a $2,8 \text{ cm a}^{-1}$) sono stati registrati nella Baia di Pallanza in vicinanza del punto di immissione del Fiume Toce ed in

particolare nella parte più centrale della Baia. I valori minimi di sedimentazione sono invece caratteristici della porzione più meridionale del Lago Maggiore, in prossimità dell'emissario (F. Ticino).

Meritano un ulteriore commento le carote LM01-29 e 32B. La prima, campionata all'estremità settentrionale del lago ha una velocità di sedimentazione presunta molto alta ($>1,33 \text{ cm a}^{-1}$) che ha fatto pensare fosse dovuta a qualche anomalia di comportamento del ^{137}Cs e/o processo di disturbo della sedimentazione con conseguente impossibilità di utilizzo del metodo del radiocesio. Il valore di sedimentazione ottenuto è stato confrontato con un approccio alternativo di datazione, per mezzo della stratigrafia a diatomee. Il risultato del confronto ha confermato tuttavia l'attendibilità del dato. Per tutte le carote misurate i dati di velocità di sedimentazione sono stati confrontati con quelli ottenuti mediante studio diatomologico ed i risultati sono stati molto incoraggianti. Anche per questo aspetto, si rimanda al cap. 2.1. per maggiori dettagli.

Il campione LM01-32B, raccolto di fronte alla città di Ghiffa, circa a metà lago ed in corrispondenza delle maggiori profondità dell'acqua, ha presentato un valore di velocità di sedimentazione ($1,47 \text{ cm a}^{-1}$) considerato in un primo momento un po' troppo alto, in considerazione della lontananza degli apporti. Anche in questo caso però l'approccio alternativo di datazione ha confermato il valore calcolato. Inoltre, campioni prelevati nelle vicinanze, in precedenti studi del 1998 (LM98-6a e 6b), presentavano tassi di sedimentazione dello stesso ordine di grandezza. Bisogna però sottolineare che per questi campioni di centro lago, estremamente fini da un punto di vista granulometrico, la porosità è molto elevata. I rispettivi tassi di accumulo, espressi in flussi di massa ($\text{g cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$), risultano in realtà molto più contenuti.

Una mappa e due tabelle riepilogative sono state preparate dal CNR-ISE di Pallanza nelle quali sono stati integrati tutti i risultati relativi alle indagini radiometriche e diatomologiche sia dei campioni prelevati nel progetto in corso sia relativi al campionamento effettuato nel 1998 (Fig. 2.1.5 e Tabelle 2.1.4 e 2.1.5 in cap. 2.1.).

2.3 Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore

Durante i mesi di maggio e giugno 2001 si è provveduto a raccogliere le carote di sedimento nelle stazioni previste dal programma (vedi cap. 2.1). In base alle conoscenze acquisite in precedenti studi, per il bacino di Pallanza (quello più vicino alla sorgente inquinante), sono state individuate 25 stazioni distribuite in modo tale da rappresentare le diverse caratteristiche sedimentologiche, morfologiche e geografiche dell'areale allo studio. Lo stesso criterio di selezione è stato adottato anche per le rimanenti 7 stazioni di prelievo (una in più rispetto alla pianificazione iniziale) localizzate lungo l'asse principale del lago.

I dettagli relativi al campionamento e al calcolo della rata di sedimentazione sono riportati nei capitoli 2.1 e 2.2. Per l'estrazione, la preparazione dei campioni e l'analisi dei composti organici si fa riferimento alla metodica precedentemente utilizzata (CIPAIS, 1999).

Composti organoclorurati nella Baia di Pallanza

Le concentrazioni dei composti organoclorurati nelle fettine superficiali (strato 0-1 cm) delle carote raccolte nella Baia di Pallanza sono riportate nella Tabella 2.3.1. Per quanto riguarda la contaminazione da DDT, si osservano due differenti andamenti (Tabella 2.3.1 e Fig. 2.3.1): il primo con concentrazioni decrescenti dalla foce del Toce al centro lago; il secondo con un andamento a campana per ogni transetto che collega le due sponde della baia, mostrando livelli più elevati al centro della baia rispetto alle rive. I contenuti maggiori si osservano nel transetto trasversale alla foce e più vicino ad essa (I transetto) e lungo la direzione che dalla foce porta a centro lago (stazioni 2, 9, 16, 20). È prevalente la contaminazione da pp'DDT rispetto a quella degli altri metaboliti e degli isomeri op'.

Nel caso del lindano, la sua presenza è preminente rispetto agli altri isomeri e la contaminazione, inferiore a 5 ng g^{-1} , è molto contenuta senza alcuna evidenza di una distribuzione delle concentrazioni correlabile all'immissione del Toce. Tra gli altri insetticidi organoclorurati presenti, l'HCB è l'unico composto determinato in concentrazioni rilevabili nella maggior parte dei campioni; valgono per l'HCB le stesse conclusioni riportate per il lindano. I PCBs risultano praticamente assenti con la sola eccezione della carota di fronte a Baveno e di quella di fronte a Pallanza che presentano concentrazioni totali di PCBs pari rispettivamente a 25 e a 36 ng g^{-1} . Nel presente capitolo sono riportati i dati relativi alla somma dei PCBs, al lindano e all'HCB; per gli altri si vedano le tabelle consegnate alla Commissione CIPAIS.

I risultati relativi alle dieci carote analizzate per le fettine sottostanti a quella superficiale sono riportati nelle Tabelle 2.3.2–2.3.11. La carota 2, prelevata proprio di fronte al F. Toce, è in generale quella più contaminata (Tabella 2.3.2 e Fig. 2.3.2), perché, ad esclusione della prima fettina relativa al 2001, tutta la rimanente parte della carota rappresenta l'evento di piena dell'ottobre 2000. In effetti, nella successione delle fettine si osserva chiaramente un massimo assoluto in termini di DDT totale rilevabile nella fettina 18-19 ed uno relativo in quella 27-28. Le concentrazioni raggiunte sono molto elevate e superano i $2,5 \mu\text{g g}^{-1}$ per il DDT totale ed è sempre prevalente la contaminazione da pp'DDT.

Gli altri composti organoclorurati sono praticamente assenti, sottolineando come il contributo del Toce sia strettamente legato al trasferimento di particelle inquinanti dilavate da alvei e suoli storicamente contaminati dal sito industriale di Pieve Vergonte, mentre per tutti gli altri inquinanti sottoposti ad analisi la piena ha avuto un effetto diluente.

Tabella 2.3.1. Baia di Pallanza: concentrazione dei principali composti organo clorurati (ng g⁻¹) nei sedimenti superficiali (strato 0–1 cm)

Transetti	N° carota	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
I transetto	1B	2,6	8,7	9,6	7,2	1,4	14,2	44	<3	5,7	1,5
	2	1,8	8,2	12,4	35,2	9,5	68,6	136	<0,3	<0,10	1,1
	3	3,3	20,4	10,2	23,6	10,8	247,2	315	<3	3,9	2,7
	4	2,0	7,1	8,3	12,4	2,9	10,1	43	<3	1	0,5
	5	6,5	13,4	28,2	34,5	9,2	32,6	124	0,6	<0,1	0,1
	6	2,2	8,3	9,7	21,4	5,3	29,5	76	<3	2,1	0,8
II transetto	12	3,4	8,1	9,7	16,8	9,1	15,1	62	5,4	3,2	0,9
	11	4,2	18,3	17,5	24,5	15,5	26,5	107	25,8	11,4	3,1
	10	7,1	13,9	14,5	22,8	13,4	17,6	89	4,0	4,6	2,8
	9	7,3	21,7	19,5	51,9	8,4	72,5	181	7,0	3,9	1,9
	8	6,8	15,0	19,9	37,3	10,8	38,8	129	<2	<0,7	<0,4
7	1,9	9,2	7,2	16,7	3,6	21,4	60	2	2	1,4	
III transetto	13	<2	7,3	9,1	22,2	2,9	31,9	73	<6	<2	<0,5
	14	4,9	9,6	11,1	14,8	10,3	10,0	61	<0,3	2,3	1,8
	15	3,6	8,2	8,8	18,7	8,9	41,7	90	1,6	1,4	<0,5
	16	6,1	14,4	13,8	23,4	13,7	65,4	137	<3	3,5	<0,5
	17	1,8	7,5	10,8	21,8	3,5	67,3	113	0,6	<2	0,3
	18	3,3	9,4	12,1	19,7	4,7	27,3	77	<3	4	1,1
IV transetto	23	1,4	5,9	6,2	15,0	2,0	23,6	54	<10	<2	<1,0
	22	2,7	7,8	7,9	18,5	3,6	14,7	55	<3	1,4	<0,5
	21	2,4	7,7	10,7	21,7	3,9	112,2	159	<6	<1	<1,0
	20	21,3	78,9	41,5	135,0	16,4	77,7	371	6,9	1,9	<0,5
	19	15,7	46,1	31,1	50,4	2,0	6,2	151	35,8	1,4	3,7
V transetto	24	3,9	9,5	10,7	23,5	3,9	21,1	73	<3	2,2	1,1
	26	<2	6,7	3,0	14,4	4,6	42,0	71	4,9	<1	<1,0

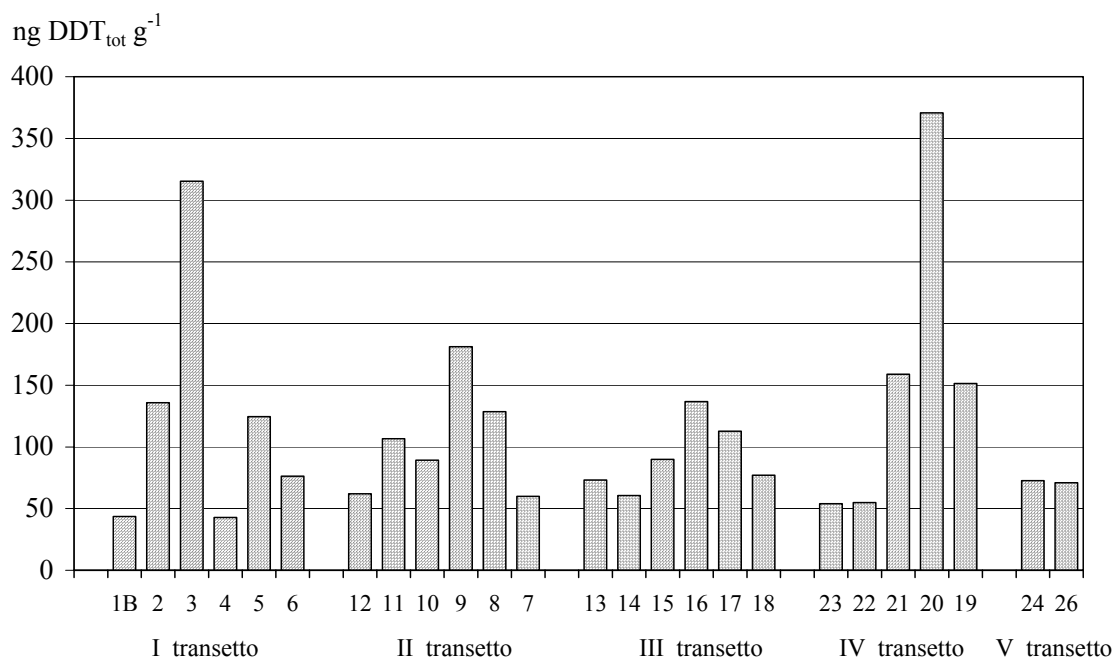


Fig. 2.3.1. Concentrazioni di DDT totale nello strato superficiale (0-1 cm) delle carote raccolte nella Baia di Pallanza suddivise per transetti orizzontali.

Tabella 2.3.2. Baia di Pallanza. Carota 2: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001	0-1	1,8	8,2	12,4	35,2	9,5	68,6	136	<0,3	<0,1	1,1
2000	3-4	5,0	20,5	30,9	58,2	8,3	57,7	181	1,0	<0,1	0,5
2000	6-7	6,6	10,3	23,2	27,9	5,3	35,6	109	<0,5	<0,2	0,8
2000	9-10	9,2	16,0	31,5	122,1	3,8	71,4	254	4,1	1,7	0,6
2000	12-13	12,2	21,9	61,8	169,5	6,7	132,9	405	<0,5	<0,2	<0,1
2000	15-16	11,2	26,8	76,4	204,7	4,8	16,8	341	<0,5	<0,2	<0,1
2000	17-18	10,0	38,9	57,1	152,1	<1	136,5	396	<0,5	<0,2	<0,1
2000	18-19	29,1	50,8	186,3	839,9	28,2	1560,6	2695	<1	<0,5	<0,2
2000	19-20	17,4	42,8	100,5	277,9	<1	951,9	1391	<0,5	<0,2	<0,1
2000	21-22	3,9	7,1	27,7	84,8	1,6	45,3	170	<0,5	<0,2	<0,1
2000	24-25	17,1	33,6	129,8	261,1	9,1	142,9	594	<0,5	<0,2	<0,1
2000	27-28	10,9	17,2	64,8	157,8	88,0	325,2	664	<1	3,7	0,6
2000	30-31	7,2	10,9	42,7	94,6	4,6	101,1	261	<1	<0,5	<0,2
2000	33-34	5,3	10,2	27,5	35,0	32,1	30,0	140	0,4	2,5	0,5

Tabella 2.3.3. Baia di Pallanza. Carota 5: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001	0-1	6,5	13,4	28,2	34,5	9,2	32,6	124	0,6	<0,1	0,1
2000	1-2	7,5	20,8	70,6	160,4	4,2	189,3	453	0,3	0,8	0,4
2000	3-4	7,0	24,3	60,0	109,1	6,1	185,2	392	2,0	2,4	1,0
2000	6-7	5,6	22,5	31,8	71,5	5,3	102,9	240	4,1	3,4	2,1
2000	9-10	8,7	17,4	25,5	58,6	5,4	83,3	199	12,6	1,5	2,2
2000	12-13	5,0	13,8	13,6	81,8	2,8	121,9	239	6,1	3,7	0,4
2000	15-16	1,7	9,5	6,4	12,4	6,0	561,7	598	<0,7	<0,3	0,8
2000	18-19	2,9	10,0	7,0	13,6	0,8	3,4	38	1,5	5,7	0,6
1999	21-22	1,5	6,2	4,8	7,6	<0,4	8,3	28	3,0	6,4	1,4
1996	24-25	2,5	8,3	6,8	10,3	1,1	5,1	34	9,5	7,5	0,8
1993	27-28	14,5	36,7	18,0	44,9	2,3	13,3	130	7,9	1,4	5,2
1991	30-31	7,9	20,6	18,7	51,5	1,9	23,4	124	3,3	2,5	1,6

Tabella 2.3.4. Baia di Pallanza. Carota 8: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-2000	0-1	6,8	15,0	18,9	37,3	10,8	38,8	129	<2	<0,7	<0,4
1999-1998	1-2	3,3	7,8	13,5	21,7	5,8	45,3	97	<2	<0,7	<0,4
1998-1997	2-3	2,7	7,4	10,9	20,2	2,8	17,7	62	2,1	<0,7	<0,4
1997-1996	3-4	3,9	11,2	13,1	19,8	3,6	60,9	112	6,5	1,6	<0,4
1996-1995	4-5	5,0	10,7	10,5	17,4	<2	2,1	46	1,4	<0,7	<0,4
1994-1993	5-6	3,8	8,8	10,3	16,8	5,4	21,5	67	<2	<0,7	<0,4
1993-1992	6-7	5,1	12,5	16,5	64,7	<2	69,2	168	<2	<0,7	<0,4
1992-1991	7-8	19,4	34,2	27,6	35,0	<2	9,2	128	<2	<0,7	<0,4
1991-1990	8-9	56,7	108,5	46,1	91,3	<2	27,1	330	8,7	1,1	<0,4
1990-1988	9-10	23,2	31,0	18,8	36,5	<2	5,4	115	5,4	<0,7	<0,4

Tabella 2.3.5. Baia di Pallanza. Carota 10: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001	0-1	7,1	13,9	14,5	22,8	13,4	17,6	89	4	4,6	2,8
2000	1-2	3,3	9,0	11,2	40,3	2,1	54,2	120	<4	<2	<1
2000	2-3	6,4	10,7	13,6	55,8	6,6	76,4	170	<4	<2	<1
2000	3-4	9,2	18,0	41,5	99,1	19,2	301,5	488	5,4	0,4	<1
2000	6-7	4,0	7,3	17,1	51,8	17,1	73,6	171	0,3	<2	<1
2000	9-10	7,2	12,7	23,5	55,7	12,2	105,7	217	<4	1,8	<1
2000	12-13	4,2	8,6	19,3	43,1	<2	33,1	108	<4	<2	<1
2000	14-15	<2	9,3	15,0	63,5	5,5	11,5	105	<4	<2	<1
2000	15-16	4,2	26,3	75,2	113,8	5,6	87,8	313	49,3	<2	<1
2000	16-17	7,5	11,8	29,3	108,3	<2	46,0	203	<4	<2	<1
2000	18-19	2,4	5,6	8,6	18,2	1,5	14,1	50	<4	<2	5,6
2000	21-22	1,6	5,6	7,0	12,3	<2	10,2	37	<4	<2	<1
2000	24-25	<2	3,1	4,9	9,7	<2	6,0	24	<4	<2	<1

Tabella 2.3.6. Baia di Pallanza. Carota 13: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-200	0-1	<2	7,3	9,1	22,2	2,9	31,9	73	<6	<2	<0,5
1999-1998	1-2	2,7	15,6	6,6	10,3	<2	3,8	39	<6	6,0	0,7
1997-1996	2-3	<2	13,6	4,3	5,9	<2	<3	24	<6	<2	<0,5
1995-1994	3-4	<2	11,8	6,3	11,0	<2	4,4	33	<6	<2	<0,5
1994-1993	4-5	4,1	15,8	10,6	17,9	292,6	1326,4	1665	<6	<2	<0,5
1992-1991	5-6	10,5	39,7	16,5	30,9	<2	<3	98	<6	<2	<0,5
1990-1989	6-7	18,8	51,3	18,2	45,9	<2	6,8	141	<6	<2	<0,5
1989-1988	7-8	39,8	95,0	22,9	49,9	<2	<3	207	<6	<2	<0,5

Tabella 2.3.7. Baia di Pallanza. Carota 15: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001	0-1	3,6	8,2	8,8	18,7	8,9	41,7	90	1,6	1,4	<1
2000	2-3	<2	15,9	<2	7,9	8,5	14,1	46	2,2	<5	<1
2000	4-5	9,0	22,5	35,6	99,8	9,5	97,8	274	<11	<5	<1
1999	8-9	2,8	7,3	12,9	26,4	<2	25,7	75	<11	<5	<1
1998	10-11	<2	31,1	26,1	42,3	6,0	69,1	175	<11	<5	<1
1997	12-13	20,8	34,8	82,6	225,7	5,3	219,6	589	1,9	<5	<1
1996	14-15	<2	18,1	23,4	<3	<2	19,1	61	<11	<5	<1
1995	16-17	4,0	9,5	17,0	46,6	<2	3,6	81	<11	<5	<1
1994	20-21	2,5	5,7	9,7	20,2	1,9	4,6	45	<11	<5	<1
1993	22-23	8,5	19,9	28,2	62,0	3,6	423,6	546	<11	<5	<1
1992	24-25	15,6	45,3	77,6	212,8	3,4	148,9	503	<11	<5	<1
1990	28-29	16,9	28,7	31,0	49,1	<2	14,0	140	<11	<5	<1
1988	32-33	5,9	11,7	21,7	41,3	1,4	15,3	97	<11	<5	<1
1986	36-37	7,4	21,9	41,6	91,8	2,4	11,4	169	<11	<5	<1
1984	40-41	18,9	51,2	54,6	160,6	9,7	632,0	927	<11	<5	<1

Tabella 2.3.8. Baia di Pallanza. Carota 17: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-2000	0-1	1,8	7,5	10,8	21,8	3,5	67,3	113	0,6	<2	0,3
2000-1999	1-2	<1	11,9	8,9	11,3	<1	12,2	44	<4	2,6	<1
1997-1996	2-3	4,4	13,0	14,2	19,7	<1	3,2	55	2,7	1,4	<1
1996-1995	3-4	3,3	11,9	11,4	14,8	<1	2,9	44	<4	3,5	<1
1994-1993	4-5	2,3	4,3	5,5	8,8	1,1	3,2	25	<4	<2	<1
1993-1992	5-6	14,2	26,4	26,7	26,9	<1	10,8	103	<4	<2	<1
1991-1990	6-7	<1	23,3	17,6	34,2	<1	4,8	80	<4	0,9	<1
1990-1989	7-8	14,5	13,1	24,7	19,3	<1	5,5	77	<4	<2	1,4

Tabella 2.3.9. Baia di Pallanza. Carota 23: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-1999	0-1	1,4	5,9	6,2	15,0	2,0	23,6	54	<10	<2	<1
1999-1998	1-2	<1	3,4	2,7	4,3	<1	1,3	12	<10	1,5	<1
1998-1997	2-3	<1	6,3	5,0	4,3	<1	1,3	17	6,9	4,3	<1
1997-1996	3-4	1,9	4,5	3,1	3,0	<1	1,9	14	<10	9,3	2,3
1995-1994	4-5	<1	3,9	3,8	2,9	1,6	1,9	14	5,8	<2	<1
1994-1992	5-6	5,4	15,7	8,3	14,5	1,3	19,4	65	2,3	2,4	1,0
1992-1991	6-7	<1	7,8	5,2	11,7	<1	7,0	32	<10	<2	<1
1991-1990	7-8	2,6	9,9	6,0	9,9	<1	<1	29	<10	<2	<1
1990-1988	8-9	28,0	1,4	<1	<1	<1	<1	29	<10	<2	4,4
1988-1987	9-10	10,1	24,7	8,9	12,7	<1	4,4	61	1,7	<2	<1

Tabella 2.3.10. Baia di Pallanza. Carota 21: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-2000	0-1	2,4	7,7	10,7	21,7	3,9	112,2	159	<6	<1	<1
1999-1998	1-2	<1	6,6	8,0	16,0	<1	19,0	50	<6	<1	4,0
1998-1997	2-3	3,8	12,7	12,4	14,6	<1	4,2	48	<6	<1	10,2
1997-1996	3-4	3,5	10,3	11,4	24,6	9,9	225,7	285	<6	1,5	<1
1996-1995	4-5	2,9	8,2	11,3	26,5	3,2	38,2	90	<6	<1	<1
1995-1994	5-6	4,6	13,4	16,2	37,8	2,7	21,3	96	<6	<1	<1
1994-1993	6-7	25,4	50,1	31,2	40,4	<1	3,6	151	6,5	<1	<1
1993-1992	7-8	27,4	54,9	55,4	128,8	6,2	30,2	303	4,7	<1	<1
1992-1991	8-9	5,8	14,5	19,2	50,1	1,4	15,3	106	<6	<1	<1
1991-1990	9-10	6,9	15,4	26,9	45,4	1,6	18,2	114	<6	<1	<1

Tabella 2.3.11. Baia di Pallanza. Carota 26: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-2000	0-1	<2	6,7	3,0	14,4	4,6	42,0	71	3,9	<1	<1
2000-1999	1-2	<2	28,4	22,4	42,0	<2	3,6	96	17,7	3,4	1,6
1999-1998	2-3	5,0	22,1	16,5	21,5	<2	2,8	68	6,0	<1	<1
1998-1997	3-4	<2	<1	<3	7,7	<2	2,7	10	<8	<1	<1
1997-1996	4-5	<2	14,4	9,7	9,5	<2	<2	34	<8	<1	<1
1996-1995	5-6	3,7	17,8	8,5	15,9	17,2	11,4	75	<8	<1	<1
1995-1994	6-7	7,5	26,4	12,6	24,9	<2	<2	71	<8	37,3	1,8
1994-1993	7-8	26,1	61,3	30,7	61,1	<2	12,7	192	4,7	15,2	2,6
1993-1992	8-9	19,8	39,7	20,7	31,1	<2	2,2	114	<8	2,3	1,4
1992-1991	9-10	38,5	92,5	39,8	79,5	2,7	114,2	367	<8	1,5	<1

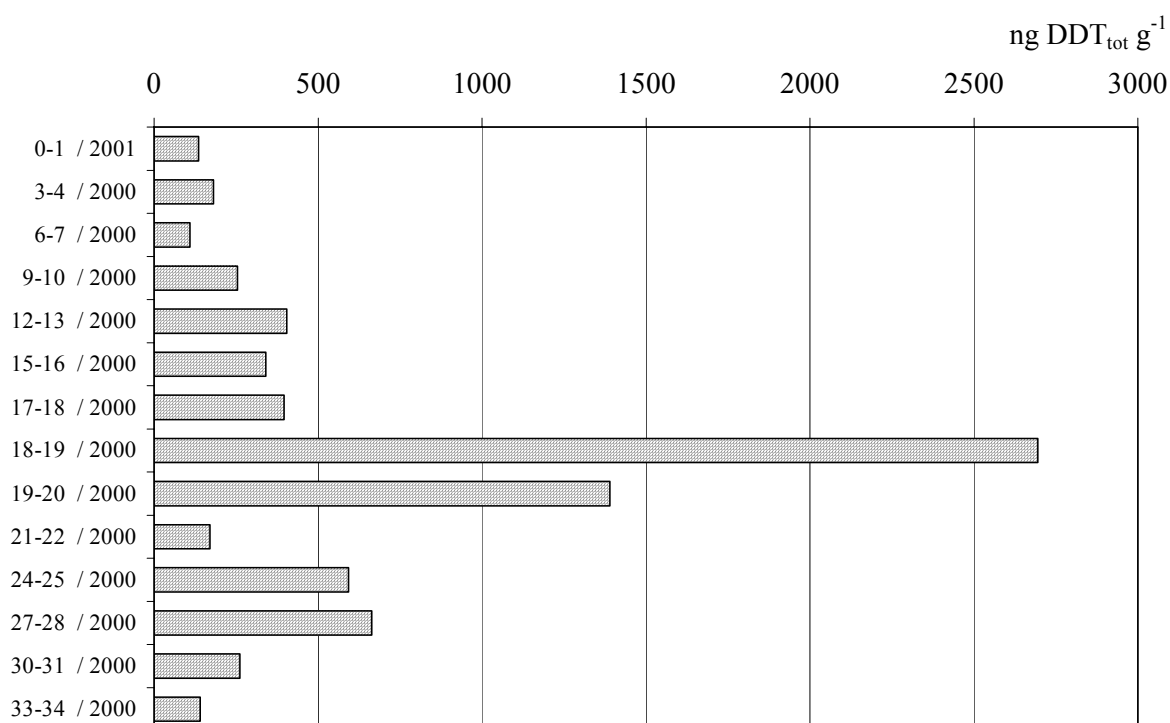


Fig. 2.3.2. Concentrazioni di DDT totale nella carota 2 in rapporto a ciascuna fettina e al corrispondente anno di datazione.

La carota 5 (Tabella 2.3.3 e Fig. 2.3.3), che è stata invece campionata a distanza analoga alla precedente dalla foce del Toce, ma più vicino alla sponda di Pallanza nella baia, descrive sia l'evento di piena (primi 20 cm) che il dettaglio degli anni '90. Per il primo, sono rilevabili ancora due picchi di DDT relativi alle fettine 1-2 e 15-16, probabilmente imputabili alla sedimentazione di materiale a differente granulometria (sabbia e poi limo o argilla) o di differente origine (erosione suoli inquinati e dilavamento sedimenti del Toce). Anche per questa carota gli altri composti organoclorurati sono trascurabili. Simili considerazioni possono essere fatte per la carota 8 (Tabella 2.3.4) dove oltre ai picchi di DDT relativi al 2000 e al 1992-93, è possibile rilevare il picco degli anni 1996-97 e quello degli anni 1990-91.

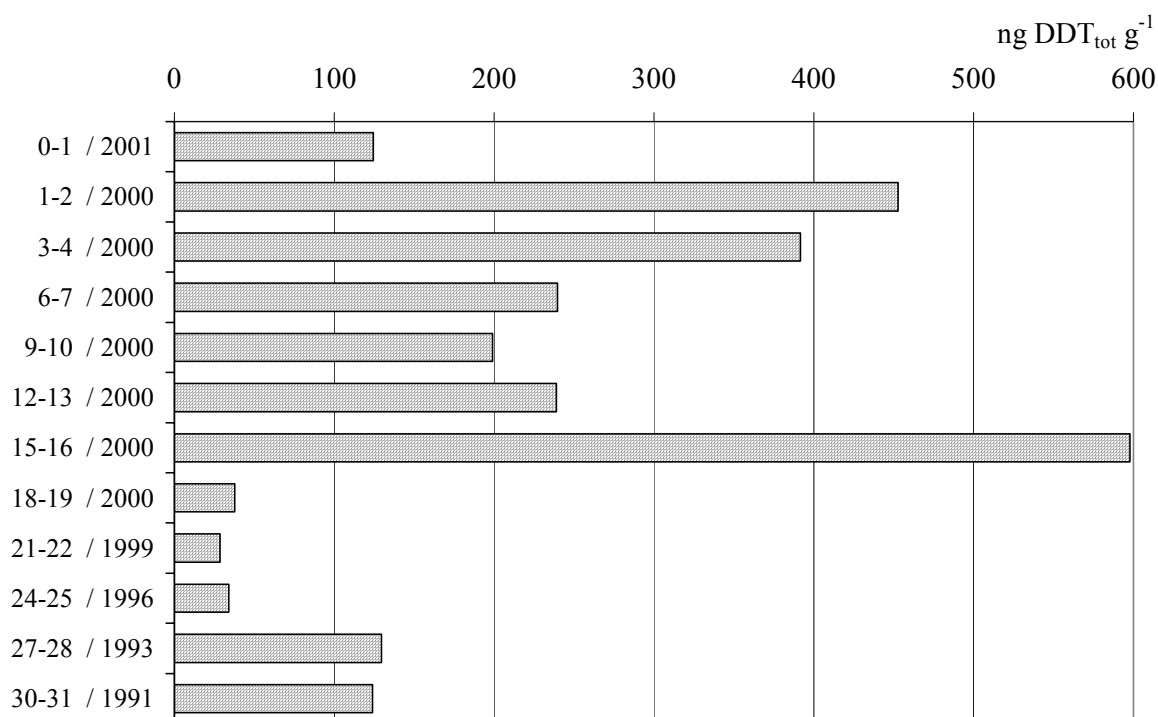


Fig. 2.3.3. Concentrazioni di DDT totale nella Carota 5 in rapporto a ciascuna fettina e al corrispondente anno di datazione.

La carota 10 (Tabella 2.3.5) descrive ancora l'evento di piena del 2000 con due picchi relativi nelle fettine 3-4 e 15-16. La contaminazione da altri OC è praticamente assente. La carota 13 (Tabella 2.3.6), più vicina alla sponda di Stresa nella Baia di Pallanza, è caratterizzata da una minor sedimentazione per anno, per cui sono rilevabili i picchi di DDT relativi agli anni 2000, 1993, 1990 e 1988. La contaminazione da altri OC è praticamente assente.

La carota 15 (Tabella 2.3.7), sull'asse che dalla foce del Toce porta a centro lago, è caratterizzata da circa 6 cm di torbida e poi da una sedimentazione più regolare che permette di evidenziare i picchi di DDT relativi agli anni 2000, 1997, 1993, 1990 e 1984. E' da notare che il picco riguardante il 1997 è presente soltanto nelle carote 8 e 15 e quindi è arguibile che tale evento di contaminazione abbia riguardato solo la parte centrale della baia. La contaminazione da altri OC è praticamente assente.

La carota 17 (Tabella 2.3.8), più vicina alla sponda di Pallanza nella baia, è caratterizzata da una minor influenza legata al trasporto del Toce, per cui sono rilevabili soltanto i picchi di DDT relativi alle piene degli anni 2000 e 1993. La contaminazione da altri OC è praticamente assente.

Per la carota 23 (Tabella 2.3.9) valgono le stesse considerazioni espresse per la carota 13 e 17. La carota 21 (Tabelle 2.3.10) e la carota 26 (Tabella 2.3.11) sono caratterizzate da 1 cm di torbida ed hanno un comportamento del tutto simile a quello della carota 15, essendo sullo stesso asse che collega la foce del Toce con il centro lago.

Metalli nella Baia di Pallanza

Le analisi dei metalli sono state eseguite sui campioni di sedimento liofilizzato. Le determinazioni del mercurio totale sono state condotte su aliquote (25-50 mg) di campioni solidi mediante decomposizione termica, deposizione su amalgama e spettrofotometria di assorbimento atomico seguendo il metodo EPA 7473-97 (CAS 7439-97-6). Per le determinazioni di arsenico, cadmio e rame, aliquote di sedimento (0,100 g) sono stati sottoposti a mineralizzazione acida in crogioli di teflon in un digestore a microonde secondo il metodo EPA 3052-95, portati a volume con acqua ad alto grado di purezza ed analizzati mediante spettrofotometria di assorbimento atomico elettrotermico con correzione Zeeman. Per il controllo di qualità dei dati analitici, insieme ai campioni di sedimento sono stati mineralizzati ed analizzati campioni in duplicato, bianchi e materiali certificati di sedimento del BCR (CRM 280 e S7). Sono stati analizzati gli elementi As, Cd, Cu e Hg in 191 campioni sui 175 previsti, per un totale di 764 analisi su 700 (Tabella 2.3.12). Ulteriori dettagli sulle procedure utilizzate sono riportati in Camusso *et al.*, 2002.

Le concentrazioni dei metalli misurate negli strati superficiali delle carote di sedimento prelevate lungo dei transetti perpendicolari alla foce del F. Toce (Tabella 2.3.13) sono molto variabili per tutti e quattro gli elementi (arsenico, cadmio, rame, mercurio). In generale le massime concentrazioni si sono osservate nelle carote 19 e 20 per As e Cu (Fig. 2.3.4) nonché per il Hg (Fig. 2.3.5), vale a dire nell'area antistante Pallanza dove il materiale sedimentato tende ad essere più fine e ricco di sostanza organica (cap. 2.1) rispetto alle aree più centrali della baia o di maggiore influenza diretta dal F. Toce in termini di trasporto di materiale alloctono grossolano. Relativamente elevate sono anche le concentrazioni di questi tre elementi nella carota 13, e nella carota 2 e 17 per il solo mercurio.

Le concentrazioni di rame variano in un intervallo compreso tra 45 e 182 mg kg⁻¹, quelle del cadmio vanno da un minimo di 0,212 a un massimo di 2,388 mg kg⁻¹, quelle del mercurio variano da 0,240 a 12,280 mg kg⁻¹, mentre le variazioni dell'arsenico sono più contenute (15,7–154 mg kg⁻¹). Nelle aree della baia dove si osservano valori così alti per tutti gli elementi potrebbe quindi esserci un potenziale rischio soprattutto per gli organismi che vivono a stretto contatto con il sedimento, infatti vengono superati soprattutto per As e Hg, ma in alcune aree anche per Cu, i valori di probabile effetto (PEC=*probable effect concentration*: As=33 mg kg⁻¹, Cu=149 mg kg⁻¹, Hg=1,06 mg/kg; Mc Donald *et al.*, 2000) e sono superiori al valore soglia (TEC=*Threshold effect concentration*; Mac Donald *et al.*, 2000) per Cd (0,99 mg kg⁻¹). Inoltre complessivamente nella baia le concentrazioni As, Cu e Hg sono sempre superiori ai valori soglia (As=9,79 mg kg⁻¹; Cu=31,6 mg kg⁻¹; Hg=0,18 mg kg⁻¹) ad indicare che presumibilmente ci sono stati consistenti apporti al lago di questi elementi, come conseguenza del dilavamento del bacino.

Esaminando più in dettaglio i profili delle concentrazioni dei metalli nelle carote della baia (Tabelle 2.3.14 – 2.3.18) si osservano andamenti differenziati a seconda che siano zona di deposizione di solo materiale alloctono recente (ottobre 2000), come nella carota 2 (Tabella 14 e Figg. 2.3.6 e 2.3.7) e 10 (Tabella 2.3.16), oppure di materiale relativo anche a dieci anni di sedimentazione. Nella carota 2 si osservano due picchi di concentrazione, uno nello strato superficiale ed uno più marcato a 18 cm, mentre nella carota 10 gli andamenti sono più uniformi.

Nelle zone della baia a più lenta sedimentazione, in prossimità delle isole e lungo la direttrice del Toce, si osservano dei picchi di concentrazione di Hg nella zona più centrale (carota 15) relativi agli anni 1996-97. Lo stesso capita per Cd e Cu (carote 13 e 23) per i quali è possibile ipotizzare una provenienza da un affluente del Toce, il T. Strona il cui bacino imbrifero comprende anche il Lago d'Orta. Spostandosi più lateralmente verso la zona settentrionale della baia è possibile anche osservare la piena del 1993 (carote 21 e 5 in Figg.

2.3.8. e 2.3.9) o ancora dei picchi di concentrazione relativi agli anni 1990-91 (carota 17 in Figg. 2.3.10 e 2.3.11, nonché carota 8 in Tabella 2.3.17).

Tabella 2.3.12. Concentrazioni dei metalli misurate nei materiali certificati del BCR

CRM 280	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹	S7	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
N°	13	10	14	16	N°	10	10	10	10
media	48,1	1,48	70,6	0,668	media	42,9	10,8	107	1,81
ds	5,0	0,17	5,6	0,025	ds	3,3	0,67	4	0,09
rsd	10,4	11,7	8,0	3,75	rsd	7,8	6,2	3,4	5,10
max	54,0	1,81	79,3	0,712	max	47,4	11,7	115	1,91
min	42,0	1,32	62,0	0,639	min	37,1	9,93	103	1,69
Certificato	51,0	1,6	70,5	0,670	Certificato	46	11,8	100	1,72
ds	2,4	0,1	1,5	0,019	ds	2	0,24	2	0,04
Recupero %	94	93	100	100	Recupero %	93	92	107	105

Tabella 2.3.13. Baia di Pallanza: concentrazioni dei metalli nei sedimenti superficiali (strato 0–1 cm)

transetti	N° carota	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
I transetto	1B	30,0	0,402	80,4	0,436
	2	38,3	0,361	77,0	0,850
	3	23,8	0,300	58,1	0,399
	4	32,0	0,242	52,5	0,384
	5	38,9	0,444	46,9	0,538
	6	30,8	0,282	60,4	0,274
II transetto	12	17,2	0,229	44,5	0,317
	11	28,0	0,350	77,1	0,449
	10	28,1	0,278	64,6	0,437
	9	23,8	0,254	53,4	0,439
	8	24,1	0,231	57,9	0,297
	7	26,2	0,238	55,1	0,280
III transetto	13	92,4	0,356	72,1	1,024
	14	28,3	0,285	67,8	0,421
	15	25,5	0,212	58,7	0,287
	16	33,4	0,288	69,2	0,282
	17	23,2	0,268	59,6	0,691
	18	15,7	0,222	58,7	0,240
IV transetto	23	52,0	0,346	75,3	0,311
	22	39,6	0,273	64,9	0,527
	21	31,6	0,244	63,3	0,315
	20	154,0	0,899	119,9	12,280
	19	45,7	2,388	182,2	4,488
V transetto	24	19,6	0,251	62,0	0,362
	26	67,5	0,381	81,1	0,860

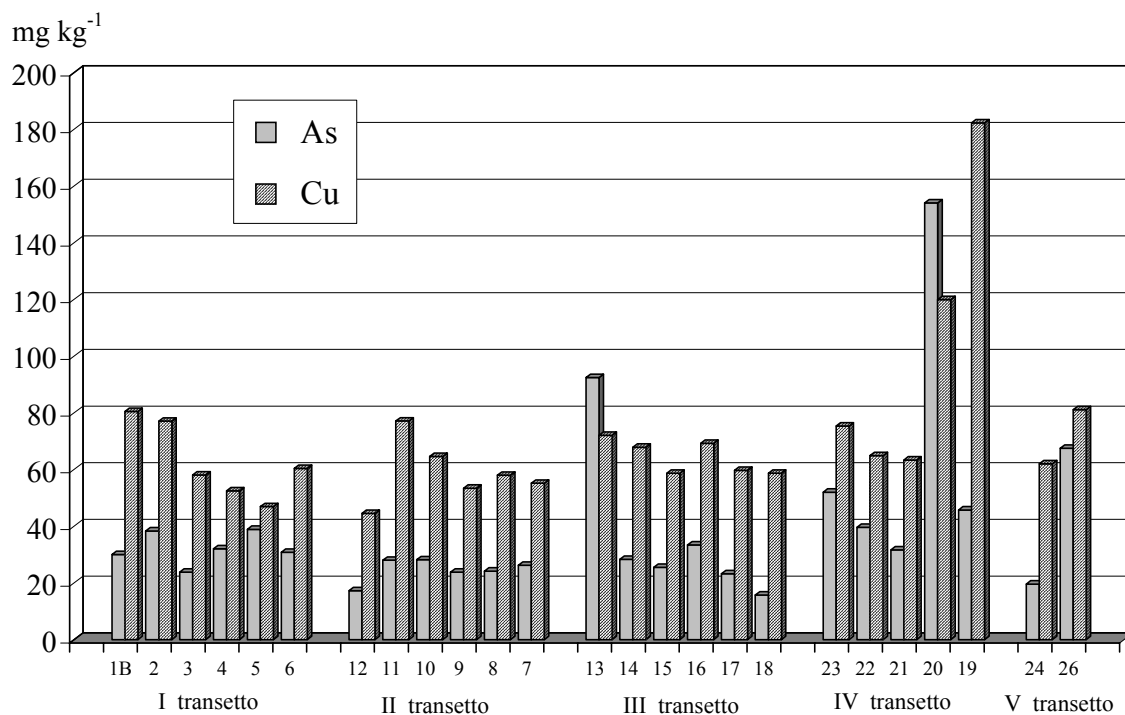


Fig. 2.3.4. Concentrazioni di arsenico e rame negli strati superficiali dei sedimenti, campionati lungo dei transetti perpendicolari rispetto al Toce, nella Baia di Pallanza.

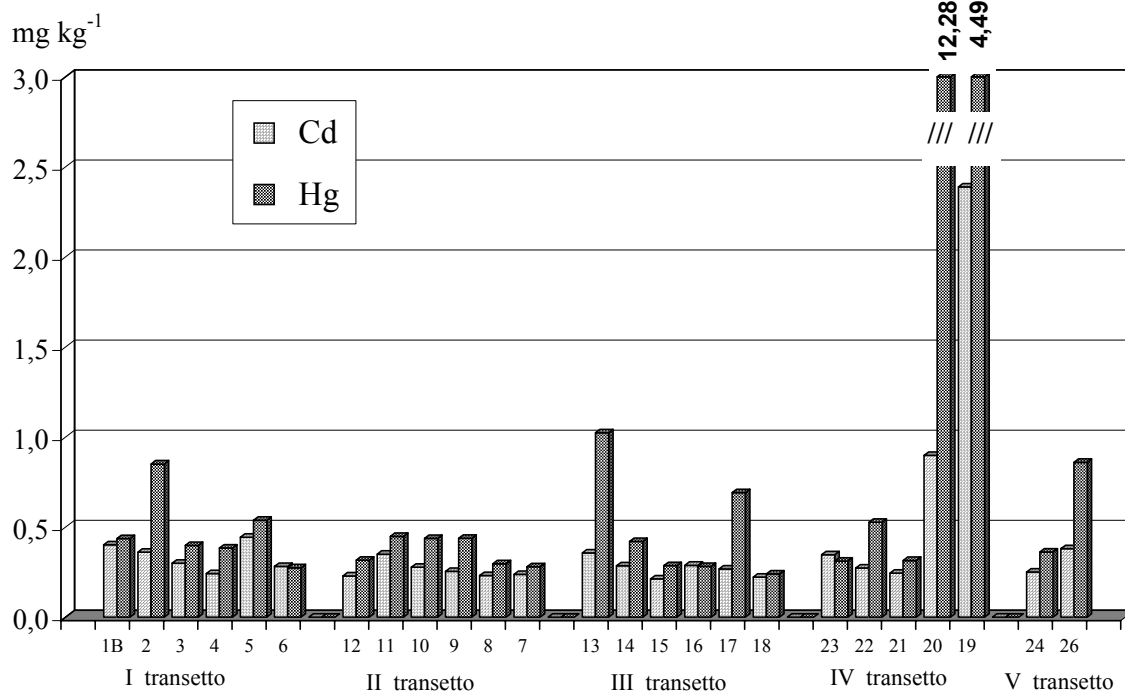


Fig. 2.3.5. Concentrazioni di cadmio e mercurio negli strati superficiali dei sedimenti, campionati lungo dei transetti perpendicolari rispetto al Toce, nella Baia di Pallanza.

Tabella 2.3.14. Baia di Pallanza. Carota 2: profili delle concentrazioni dei metalli

strato cm	anno	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
0-1	2001	38,3	0,361	77,0	0,850
3-4	2000	29,3	0,424	74,5	0,412
6-7	2000	18,3	0,239	42,4	0,359
7-8	2000	22,0	0,180	42,8	0,185
9-10	2000	33,5	0,485	104,9	0,631
11-12	2000	11,6	0,101	27,7	0,079
12-13	2000	23,0	0,280	39,6	0,424
15-16	2000	23,4	0,244	40,8	0,591
17-18	2000	27,4	0,224	59,0	0,386
18-19	2000	41,4	0,615	69,6	1,230
19-20	2000	28,7	0,258	61,5	0,538
21-22	2000	19,2	0,227	26,3	0,278
24-25	2000	33,4	0,365	46,9	0,671
27-28	2000	28,0	0,362	42,6	0,397
28-29	2000	26,0	0,173	46,5	0,217
30-31	2000	30,0	0,551	61,9	0,538
33-34	2000	19,7	0,381	42,9	0,350

Tabella 2.3.15. Baia di Pallanza. Carote 13 e 23: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 13		As	Cd	Cu	Hg
strato cm	anno	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-00	92,4	0,356	72,1	1,020
1-2	1999-98	22,7	0,494	66,4	0,973
2-3	1997-96	32,0	0,769	75,9	0,351
3-4	1995-94	31,9	0,816	70,7	0,305
4-5	1994-93	30,2	0,600	51,8	0,259
5-6	1992-91	32,4	0,627	75,6	0,491
6-7	1990-89	34,1	0,830	87,6	0,729
7-8	1989-88	40,9	0,909	91,6	0,748

CAROTA 23		As	Cd	Cu	Hg
strato cm	anno	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-99	52,0	0,35	75,3	0,311
1-2	1999-98	23,7	0,37	48,6	0,203
2-3	1998-97	32,2	0,88	82,7	0,359
3-4	1997-96	31,7	0,94	81,4	0,326
4-5	1995-94	29,4	0,67	58,8	0,202
5-6	1994-92	29,5	0,67	71,6	0,209
6-7	1992-91	32,6	0,63	67,4	0,344
7-8	1991-90	30,9	0,71	71,2	0,297
8-9	1990-88	28,1	0,61	65,6	0,317
9-10	1988-87	38,7	0,88	75,2	0,480

Tabella 2.3.16. Baia di Pallanza. Carote 10, 15 e 21: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 10		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001	28,1	0,278	64,6	0,437
3-4	2000	23,8	0,236	57,6	0,674
6-7	2000	23,8	0,274	71,5	0,324
9-10	2000	28,4	0,231	66,8	0,366
12-13	2000	31,1	0,308	58,2	0,273
15-16	2000	20,3	0,209	39,9	0,236
18-19	2000	26,8	0,210	32,2	0,204
21-22	2000	22,8	0,291	48,6	0,203
24-25	2000	16,2	0,171	30,5	0,118

CAROTA 15		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001	25,5	0,212	58,7	0,287
4-5	2000	23,8	0,353	76,4	0,439
8-9	1999	22,2	0,303	53,5	0,242
10-11	1998	55,2	0,495	88,6	1,190
12-13	1997	44,6	0,432	61,3	1,870
16-17	1995	41,3	0,474	68,6	0,408
20-21	1994	32,9	0,246	48,4	0,154
22-23	1993	35,2	0,244	62,0	0,422
24-25	1992	63,2	0,435	71,8	0,915
28-29	1990	73,5	0,578	67,7	0,474
32-33	1988	15,0	0,310	42,8	0,372
36-37	1986	15,2	0,286	39,7	0,457
40-41	1984	35,6	0,614	70,4	0,809

CAROTA 21		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001-00	31,6	0,244	63,3	0,315
1-2	1999-98	16,2	0,335	58,2	0,330
2-3	1998-97	27,3	0,728	89,0	0,410
3-4	1997-96	21,1	0,335	63,4	0,287
4-5	1996-95	15,6	0,255	48,4	0,294
5-6	1995-94	19,4	0,358	55,5	0,402
6-7	1994-93	47,2	0,838	84,5	0,641
7-8	1993-92	51,9	0,787	79,5	1,450
8-9	1992-91	21,8	0,317	47,1	0,415
9-10	1991-90	23,8	0,297	44,4	0,353

Tabella 2.3.17. Baia di Pallanza. Carote 5, 8 e 17: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 5		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001	38,9	0,444	46,9	0,538
1-2	2000	31,0	0,342	35,9	0,457
3-4	2000	21,1	0,340	29,6	0,320
6-7	2000	17,4	0,435	38,2	0,333
9-10	2000	26,7	0,425	38,6	0,294
12-13	2000	32,3	0,338	53,3	0,481
15-16	2000	36,9	0,248	51,5	0,310
18-19	2000	20,2	0,205	40,6	0,249
21-22	1999	27,9	0,373	76,1	0,475
24-25	1996	27,4	0,353	60,2	0,472
27-28	1993	37,3	0,454	96,8	0,768
30-31	1991	35,6	0,380	69,2	0,673

CAROTA 8		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001-00	24,1	0,231	57,9	0,297
1-2	1999-98	19,8	0,226	57,0	0,231
2-3	1998-97	24,8	0,340	70,4	0,243
3-4	1997-96	33,4	0,497	83,9	0,368
4-5	1996-95	27,9	0,333	68,8	0,357
5-6	1994-93	21,8	0,230	46,8	0,241
6-7	1993-92	20,0	0,185	42,2	0,296
7-8	1992-91	31,8	0,457	65,8	0,408
8-9	1991-90	46,5	0,925	105,6	0,786
9-10	1990-88	27,2	0,490	65,6	0,411

CAROTA 17		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001-00	23,2	0,268	59,6	0,691
1-2	2000-99	20,8	0,646	84,7	1,960
2-3	1997-96	30,8	0,622	93,9	0,482
3-4	1996-95	27,0	0,460	77,9	0,293
4-5	1994-93	20,4	0,303	57,9	0,333
5-6	1993-92	38,4	0,694	80,8	0,527
6-7	1991-90	33,8	0,484	53,4	1,210
7-8	1990-89	23,8	0,501	52,3	0,390

Tabella 2.3.18. Baia di Pallanza. Carota 26: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 26		As	Cd	Cu	Hg
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-00	67,5	0,38	81,1	0,860
1-2	2000	33,6	0,72	92,2	1,550
2-3	1999-98	46,0	0,81	102,5	0,773
3-4	1998-97	51,1	0,84	108,8	0,744
4-5	1997-96	54,8	0,77	106,5	0,851
5-6	1996-95	52,2	0,61	93,1	0,543
6-7	1995-94	40,5	0,56	85,1	0,517
7-8	1994-93	53,4	0,91	92,1	0,708
8-9	1993-92	60,2	1,23	104,6	0,709
9-10	1992-91	62,1	1,16	105,0	0,879
10-11	1991-90	49,7	0,88	84,3	1,038
11-12	1990-89	27,8	0,56	62,7	0,430
12-13	1989-88	46,7	1,12	73,7	0,570

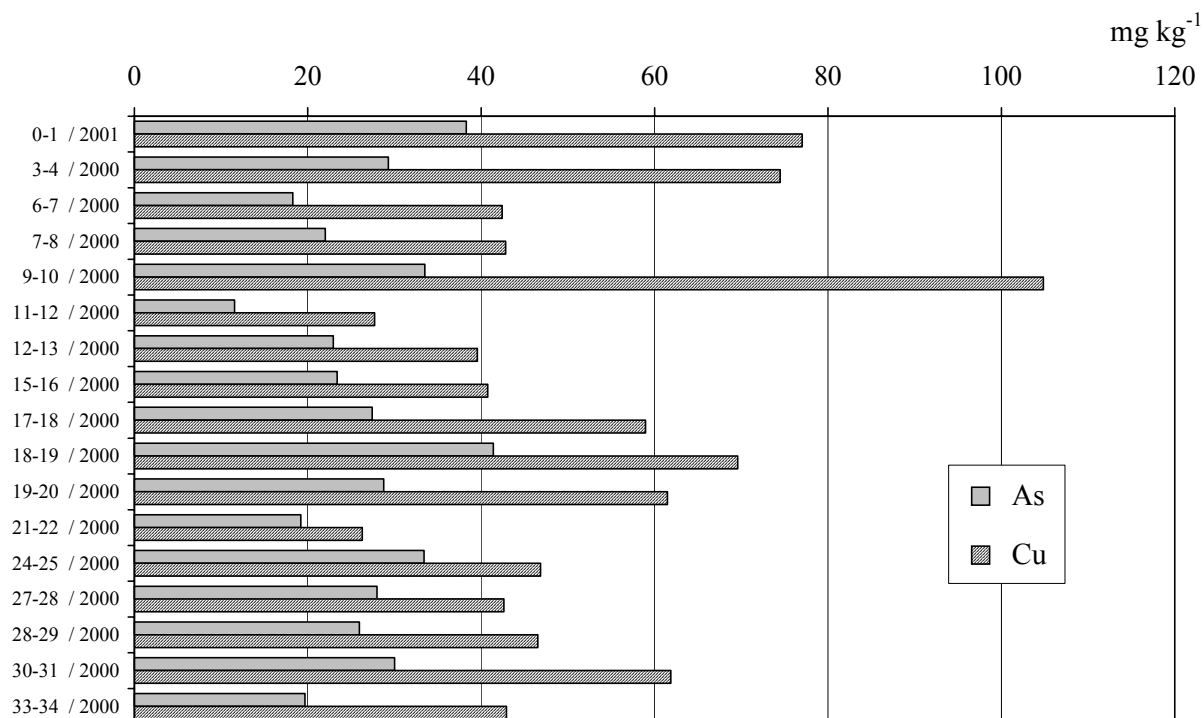


Fig. 2.3.6. Baia di Pallanza. Carota 2: profili delle concentrazioni di arsenico e rame in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

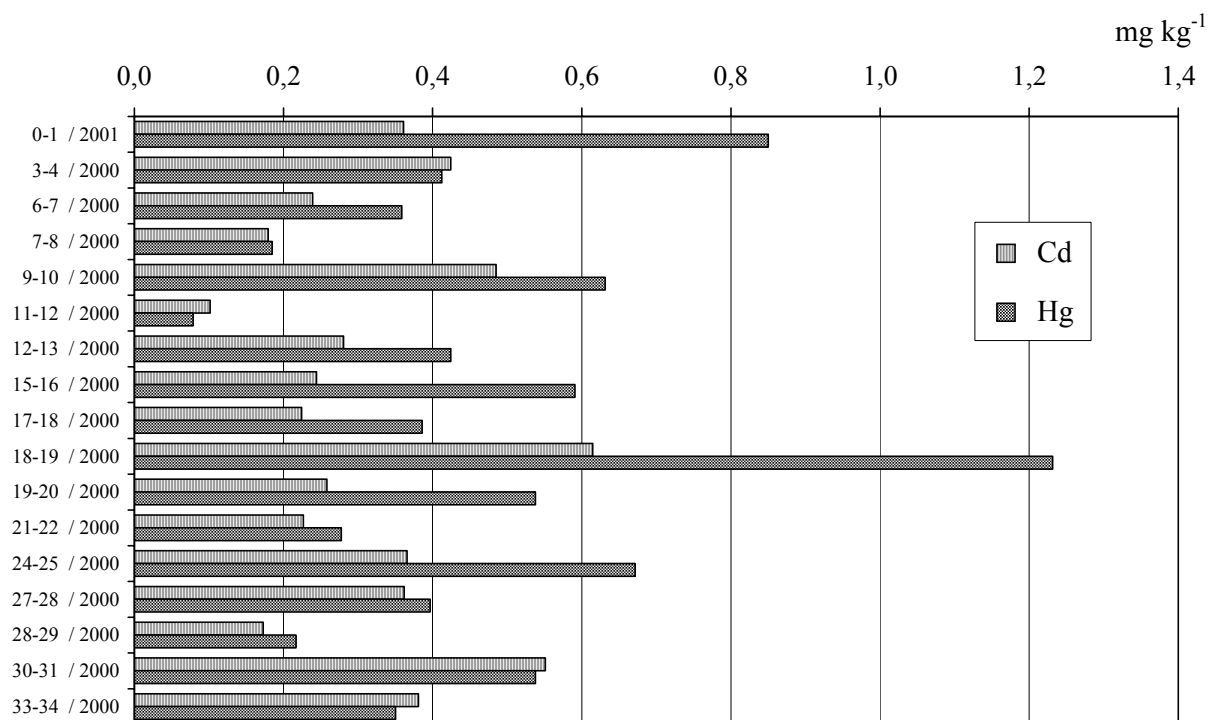


Fig. 2.3.7. Baia di Pallanza. Carota 2: profili delle concentrazioni di cadmio e mercurio in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

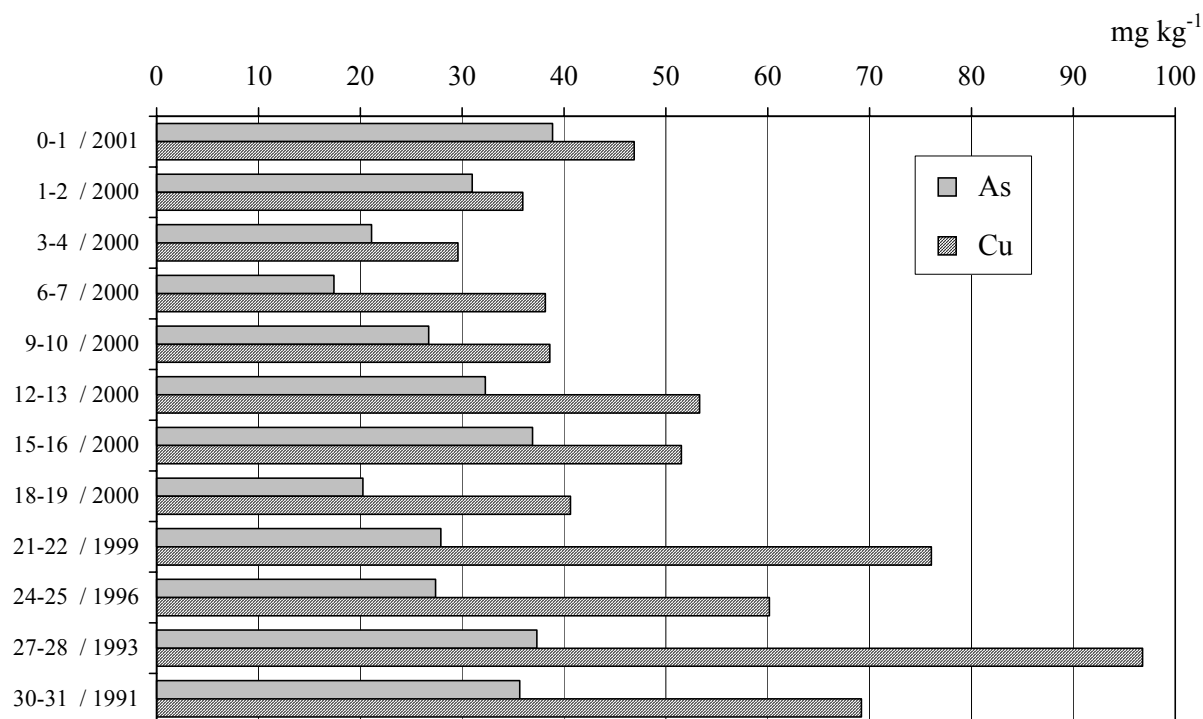


Fig. 2.3.8. Baia di Pallanza. Carota 5: profili delle concentrazioni di arsenico e rame in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

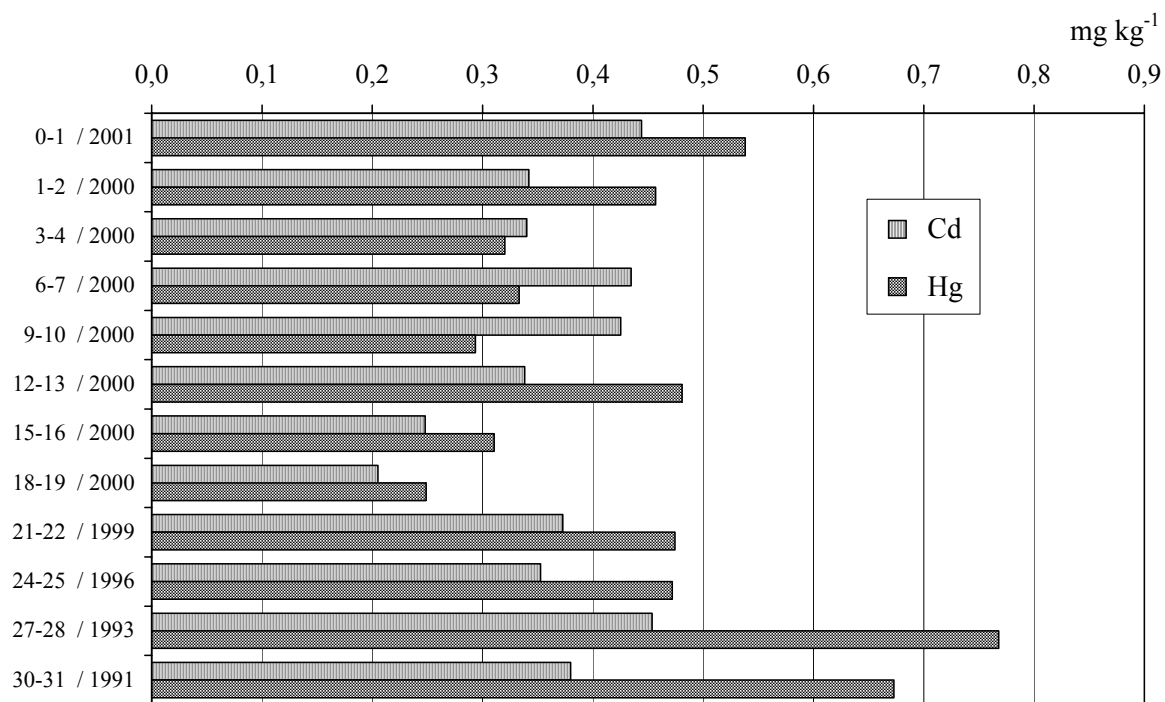


Fig. 2.3.9. Baia di Pallanza. Carota 5: profili delle concentrazioni di cadmio e mercurio in rapporto a ciascuno strato e al corrispondente anno di datazione

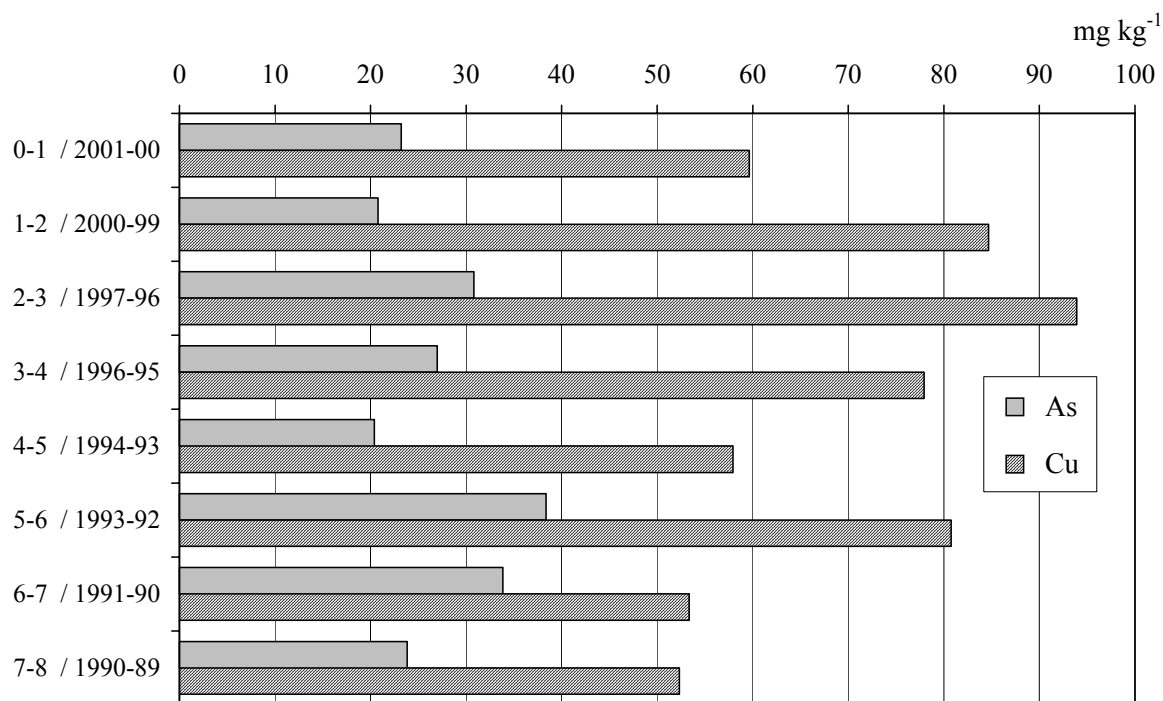


Fig. 2.3.10. Baia di Pallanza. Carota 17: profili delle concentrazioni di arsenico e rame in rapporto a ciascuno strato e al corrispondente anno di datazione

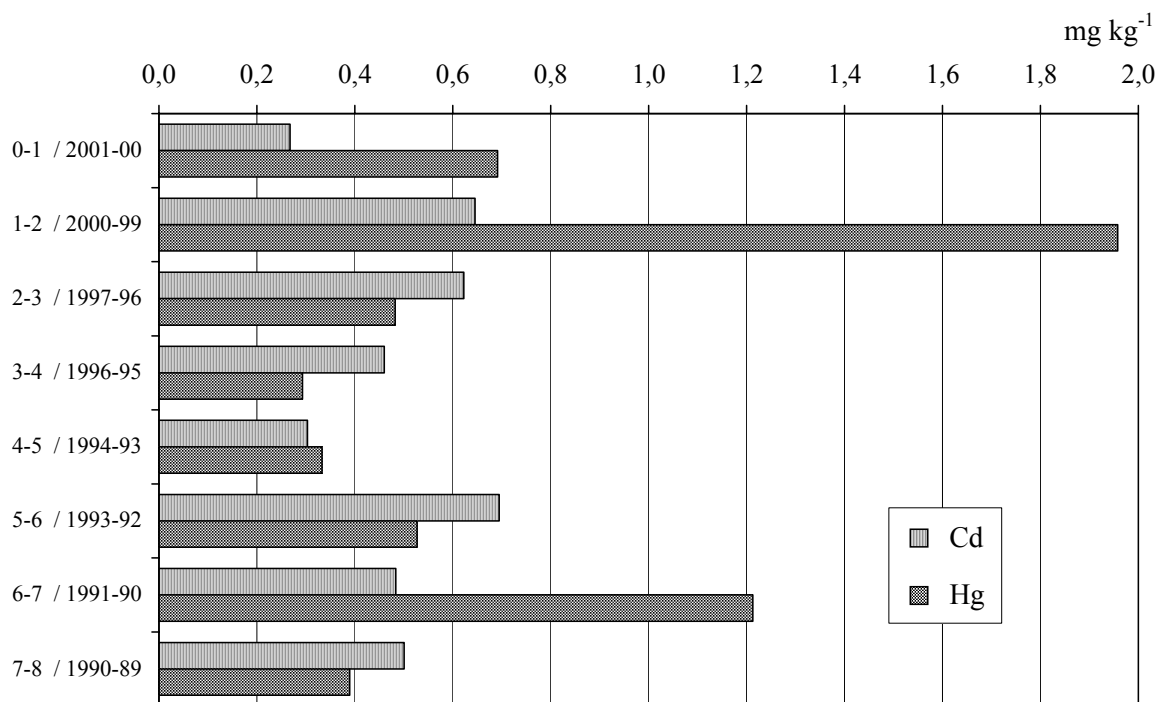


Fig. 2.3.11. Baia di Pallanza. Carota 17: profili delle concentrazioni di cadmio e mercurio in rapporto a ciascuno strato e al corrispondente anno di datazione

Composti organoclorurati nel lago (asse N-S)

I dati relativi alle sette carote analizzate lungo l'asse principale del lago da nord a sud sono riportati nelle Tabelle 2.3.19–2.3.25. Per la carota 29B, campionata nella Baia di Locarno (Tabella 2.3.19), non essendo possibile una datazione certa a causa del continuo rimescolamento che tale zona del lago subisce in occasione delle piene dei fiumi Maggia e Ticino immissario, non si è potuto ricostruire un andamento storico della contaminazione. In generale la contaminazione da OCs è assente in questa carota, fatta eccezione per le fettine comprese tra il 4° e il 7° cm.

La carota 30B (Tabella 2.3.20), campionata sempre nel bacino nord del Lago Maggiore, è invece caratterizzata da una modesta sedimentazione (si veda Tabella 2.2.1 al Cap. 2.) ed è perciò possibile ricostruire l'andamento storico della contaminazione sino agli anni '80. I livelli maggiori di DDTs (Fig. 2.3.12) si osservano agli inizi degli anni '90, evidenziando come la contaminazione della Baia di Pallanza abbia raggiunto per effetto delle correnti anche il bacino nord del lago attraverso la deposizione di particellato fine inquinato. Un aumento delle concentrazioni di DDTs si osserva per effetto della piena del 2000 anche nella fettina relativa agli anni 1998-2001. In questa carota sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT; tale considerazione porta a concludere che non vi siano fonti locali di contaminazione, ma che si tratta del trasporto di particellato non recentemente inquinato, ma probabilmente già parzialmente sottoposto a fenomeni di degradazione. La contaminazione da PCBs ed altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile.

Le carote campionate nel bacino centrale del Maggiore sono la 31B, la 32B e la 25 B. La sedimentazione della carota 31B (Tabella 2.3.21) è eccezionalmente bassa e i primi 2 cm della carota si riferiscono ad un secolo di storia.

Tabella 2.3.19. Bacino settentrionale. Carota 29B: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
-	01-00	0-1	<1	1,4	<1	1,3	<1	<1	3	<3	<1
-	-	2-3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,5	4,0
-	-	4-5	5,5	4,2	<1	4,8	3,0	3	21,0	12,9	11,8
-	-	6-7	<1	2,6	<1	<1	<1	<1	3,0	7,2	6,3
-	-	8-9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	7,1	5,2
-	-	10-11	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,6	3,1
-	-	12-13	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4,8	3,5
-	-	14-15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,9	2,7
-	-	16-17	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	2,0
-	-	18-19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<3	5,7

Tabella 2.3.20. Bacino settentrionale. Carota 30B: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-1998	0-1	5,0	13,6	6,9	5,7	<2	<2	31	14,4	6,4	<2
1997-1995	1-2	2,1	4,6	4,3	4,2	<2	<2	15	4,3	3,8	3,4
1994-1992	2-3	3,3	6,9	2,5	4,0	<2	<2	17	<5	<2	<2
1991-1989	3-4	24,4	34,2	19,8	32,7	<2	<2	111	<5	5,0	<2
1988-1986	4-5	2,1	4,2	2,8	4,3	<2	<2	13	<5	1,8	<2

Tabella 2.3.21. Bacino centrale. Carota 31B: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-1950	0-1	34,3	113,1	80,8	218,6	<2	10,1	457	16,7	2,8	<1
< 1950	1-2	<2	2,3	1,9	4,2	<2	<2	13	<9	6,1	3,0

Tabella 2.3.22. Bacino centrale. Carota 32B: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-2000	0-1	<2	29,4	21,8	20,4	<2	9,8	81	16,2	1,2	<2
2000-1999	1-2	6,8	37,3	32,3	34,3	<2	3,0	114	7,4	1,0	<2
1999	2-3	6,0	16,0	8,0	18,9	<2	2,1	51	<5	2,2	<2
1998-1997	4-5	2,6	4,1	2,2	3,5	<2	<2	12	<5	<1	<2
1997-1996	6-7	9,8	24,2	13,7	27,0	<2	2,5	77	3,2	2,2	<2
1995	8-9	13,0	31,9	18,9	33,8	<2	3,8	101	12,2	4,3	<2
1994-1993	10-11	9,6	27,8	13,6	26,3	<2	2,8	80	2,9	2,3	<2
1993-1992	12-13	4,5	17,9	8,7	13,6	<2	2,6	47	3,4	<1	<2
1991	14-15	9,0	12,1	7,4	34,7	<2	2,7	66	9,5	1,1	<2
1990-1989	16-17	<2	29,1	16,9	22,7	<2	86,3	155	9,8	<1	<2
1989-1988	18-19	17,0	45,5	40,0	69,9	<2	5,1	178	8,8	3,3	<2
1987	20-21	17,6	42,2	50,5	67,6	<2	4,9	183	8,3	2,0	<2
1985-1984	22-23	22,5	52,0	44,3	88,6	<2	5,2	213	9,9	7,8	<2
1984-1983	24-25	16,5	37,3	56,9	54,1	<2	5,4	154	7,4	2,4	<2
1981	26-27	42,7	73,2	114,1	112,2	2,2	9,1	353	27,1	<1	<2

Tabella 2.3.23. Bacino centrale. Carota 25B: concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati nello strato 0-1 cm

anno	strato cm	op' DDE	pp' DE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
–	0-1	14,2	25,7	31,8	101,2	<2	171,7	345	<8	2,8	<1

Tabella 2.3.24. Bacino meridionale. Carota 27: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-1999	0-1	2,3	12,1	10,4	18,6	<2	8,7	52	1,7	1,1	<2
1999-1997	1-2	<2	27,7	9,7	30,8	<2	4,1	72	17,5	1,2	<2
1997-1995	2-3	29,5	65,8	24,0	33,7	<2	2,3	155	<7	2,1	<2
1995-1992	3-4	45,8	116,7	36,0	56,8	<2	3,4	259	<7	1,2	<2
1992-1990	4-5	29,6	81,0	22,7	40,8	<2	3,1	177	5,5	<4	<2
1990-1988	5-6	36,4	130,5	43,0	87,4	<2	2,8	300	10,7	4,6	<2
1988-1986	6-7	23,7	164,7	116,4	132,2	<2	2,7	440	10,2	2,5	7,4
1986-1984	7-8	28,8	130,4	61,2	100,7	<2	<2	321	<7	8,9	<2
1984-1982	8-9	61,9	234,2	94,7	158,6	<2	9,3	559	4,7	2,2	<2
1982-1980	9-10	14,3	76,7	38,3	93,8	<2	3,4	227	<7	<4	<2

Tabella 2.3.25. Bacino meridionale. Carota 28: profili delle concentrazioni (ng g⁻¹) degli organo clorurati

anno	strato cm	op' DDE	pp' DE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	DDT totale	PCB totali	Lindano + isomeri	HCB
2001-1996	0-1	6,0	36,1	8,2	21,0	<2	4,1	75	18,4	4,3	0,8
1996-1991	1-2	11,3	89,4	33,3	41,7	<2	2,1	178	21,4	5,8	0,4
1991-1986	2-3	21,0	65,0	32,4	40,2	<2	<2	159	21,8	2,4	<2
1986-1984	3-4	38,1	111,9	43,3	57,8	<2	6,5	258	41,5	<4	<2
1983-1981	4-5	49,8	147,6	64,2	98,7	<2	4,1	364	48,6	6,3	<2
1980-1978	5-6	59,1	233,1	65,7	209,7	<2	10,0	578	87,4	1,9	<2
1977-1975	6-7	72,3	323,5	72,2	288,8	<2	5,4	762	127,9	1,8	<2
1974-1972	7-8	12,0	50,0	12,9	42,7	<2	2,1	120	17,3	<4	<2

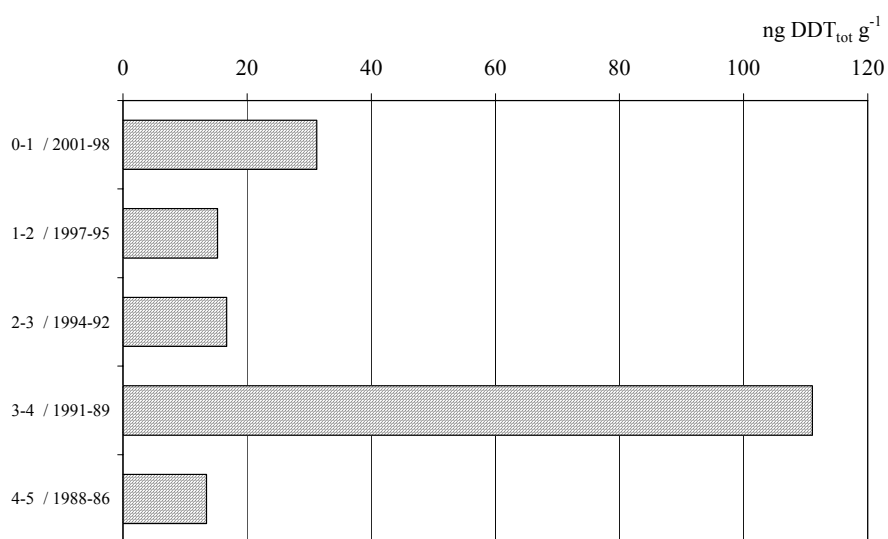


Fig. 2.3.12. Bacino settentrionale. Carota 30B. Profili delle concentrazioni di PCB totali in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

Come già riferito, tra gli organoclorurati oggetto d'indagine, la contaminazione prevalente è quella da DDT, in particolar modo da pp'DDD. Tale osservazione permette di concludere che si tratta di una contaminazione non recente in quanto di fatto si riferisce agli ultimi 50 anni, in cui il pp'DDT è stato trasformato dai batteri del sedimento in pp'DDD (fenomeno che si verifica in anaerobiosi). Gli altri OCs sono scarsamente presenti. La carota 32B (Tabella 2.3.22) è caratterizzata da una maggiore sedimentazione (si veda Tabella 2.2.1 al Cap. 2.) ed è possibile perciò risalire alla descrizione dell'inquinamento sino agli inizi degli anni '80. La contaminazione da DDT (Fig. 2.3.13) evidenzia nelle altre carote un picco dovuto alla piena del 2000 ed un altro evento agli inizi degli anni '90, mentre per i PCBs (Fig. 2.3.14) la contaminazione è molto contenuta, anche se in aumento negli anni recenti.

Una situazione molto simile a quella della carota 31B si osserva per la carota 25B (Tabella 2.3.23), con una bassissima sedimentazione, non quantificabile, e con una contaminazione da pp'DDD che riguarda solo la prima fettina con concentrazioni simili a quella della 31B. Gli altri OCs sono scarsamente presenti. Un andamento più regolare nella sedimentazione si osserva per le carote 27 (Tabella 2.3.24) e 28 (Tabella 2.3.25) che appartengono al bacino sud del Lago Maggiore. Nella carota 27 (Fig. 2.3.15) sono evidenti per il DDT il picco del 1993 e quello del 1984-82. Poichè ad ogni cm di carota corrispondono due anni, non è possibile evidenziare il dettaglio di altri eventi di contaminazione. Nella Fig. 2.3.16 sono riportati invece i risultati relativi ai PCBs. La contaminazione non è elevata, ma neppure trascurabile ed evidenzia un picco recente negli anni 1997-99. Nella carota 28 (Tabella 2.3.25) si evidenzia una situazione più omogenea per la contaminazione da DDT, in quanto ad ogni cm di carota corrispondono circa 5 anni. E' evidente una maggiore contaminazione relativa agli inizi degli anni '90 e a metà degli anni '70. Anche la contaminazione da PCBs non è trascurabile ed in questa area del lago si osservano le maggiori concentrazioni riscontrate nei sedimenti del lago Maggiore.

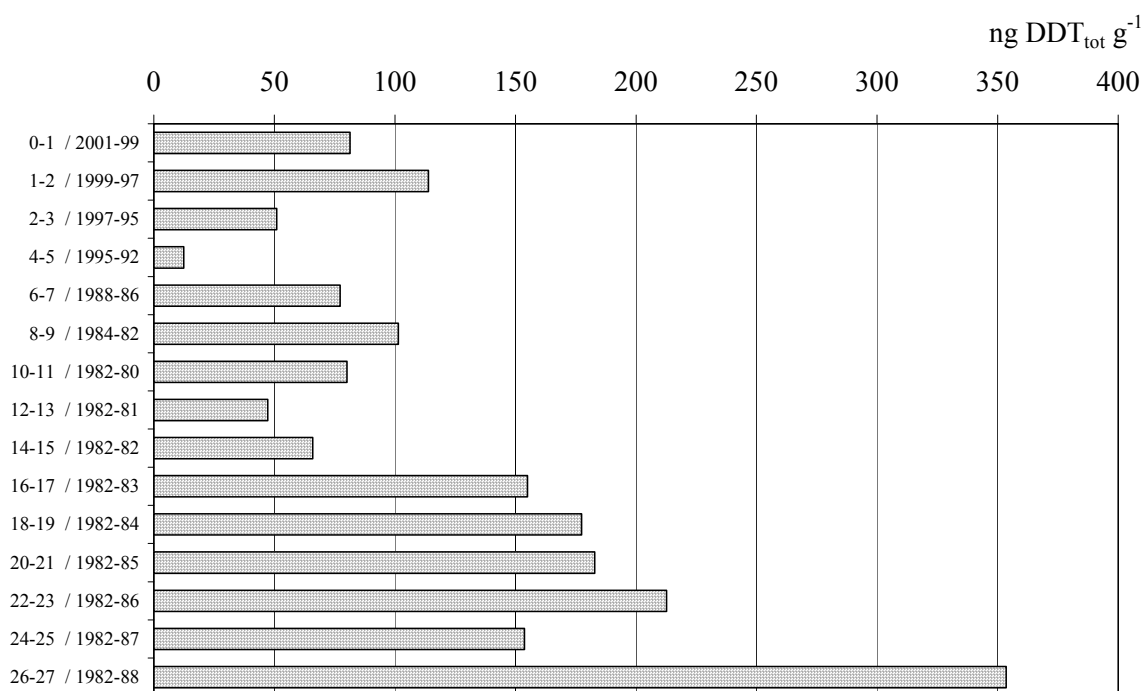


Fig. 2.3.13. Bacino Centrale. Carota 32B. Profili delle concentrazioni di DDT totale in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

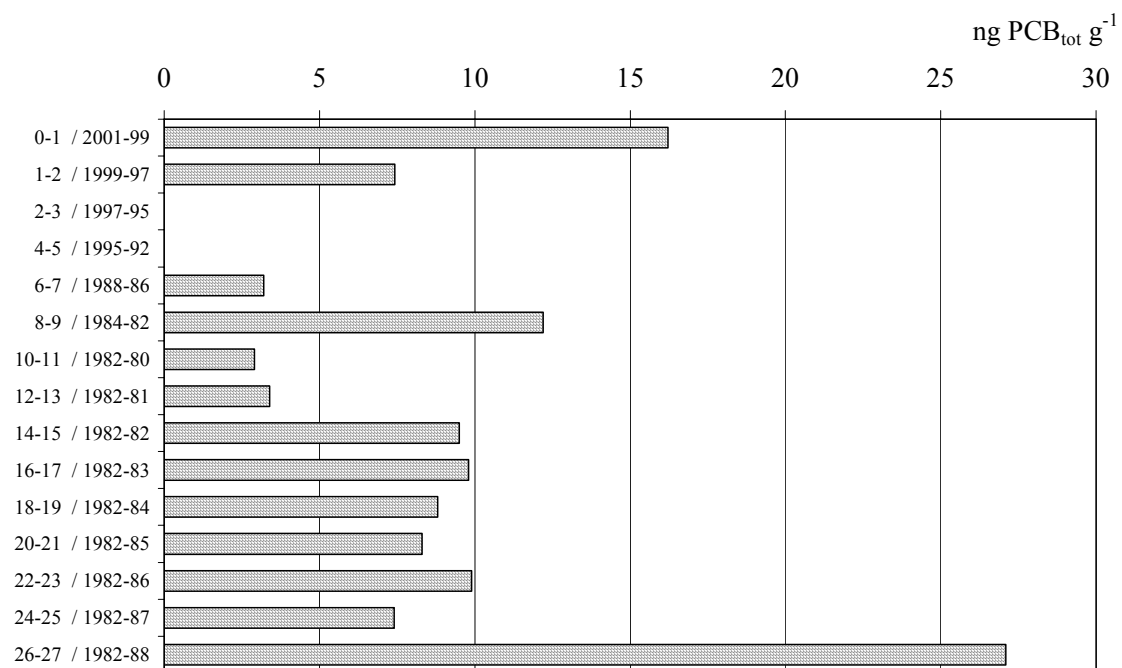


Fig. 2.3.14. Bacino Centrale. Carota 32B. Profili delle concentrazioni di PCB totali in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

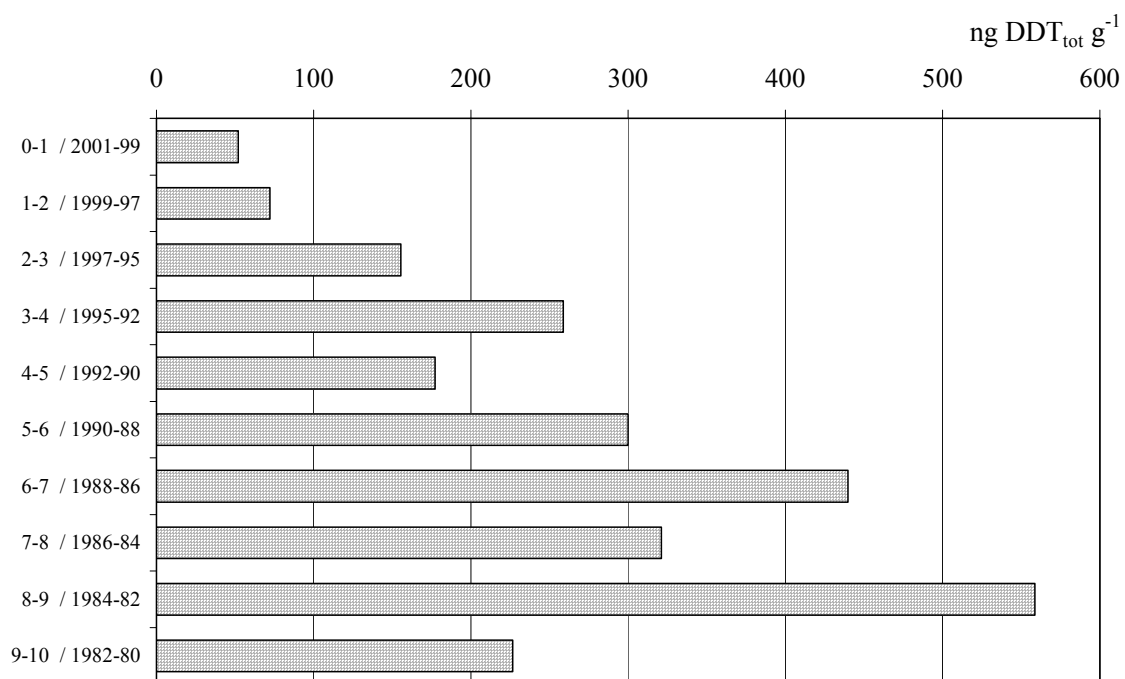


Fig. 2.3.15. Bacino meridionale. Carota 27. Profili delle concentrazioni di DDT totale in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

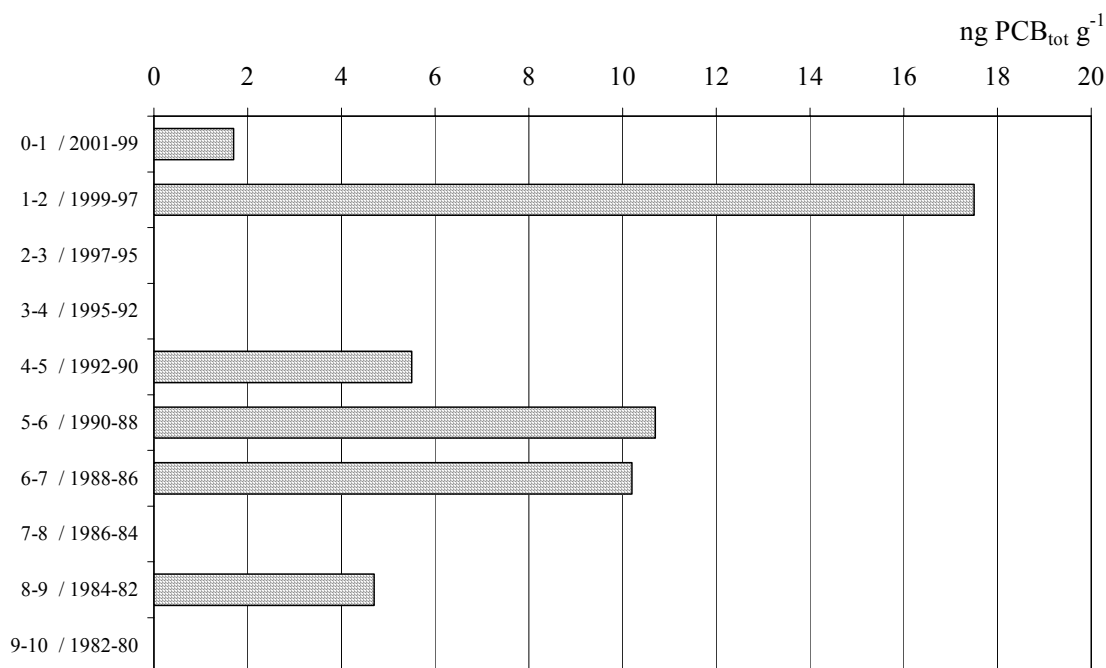


Fig. 2.3.16. Bacino meridionale. Carota 27. Profili delle concentrazioni di PCB totali in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

Metalli nel lago (asse N-S)

Esaminando i risultati relativi alle carote di sedimento campionate lungo la direttrice Nord-Sud del lago (Tabelle 2.3.26–2.3.29) si osserva che le concentrazioni di As negli strati superficiali e recenti non mostrano ampie variazioni, andando da un minimo nel bacino Nord (carota 29B = 16,5 mg kg⁻¹) a un massimo nel bacino Sud all'altezza di Ispra (carota 27 = 76,1 mg kg⁻¹) e superando i valori di probabile effetto (PEC = 33 mg kg⁻¹) nei bacini centrali e meridionali. Per il Cd solo le stazioni 28 e 31B presentano concentrazioni superiori al valore soglia (TEC=0,99 mg kg⁻¹), ma anche le stazioni 27, 30B e 32B presentano valori almeno doppi di quelli della stazione più settentrionale (carota 29B). Le concentrazioni di Cu variano da un minimo misurato nella zona Nord (45 mg kg⁻¹) a un massimo nella carota 28 della parte meridionale (107 mg kg⁻¹).

Alte concentrazioni sono state rilevate anche nel bacino centrale (carota 31B e 32B rispettivamente 104–96 mg kg⁻¹); esse, lungo tutta la direttrice, si collocano quindi in una situazione intermedia tra i valori di non effetto (TEC = 31,6 mg kg⁻¹) e quelli di probabile effetto (PEC = 149 mg kg⁻¹). Le concentrazioni di Hg variano da valori assai bassi, cinque volte inferiori al valore di non effetto (TEC = 0,18 mg kg⁻¹), nel bacino Nord (carota 29B = 0,035 mg kg⁻¹) fino a tenori molto alti nelle carote del bacino centrale (carota 32B = 7,23 mg kg⁻¹) pari da 3 a 7 volte il valore di PEC (1,06 mg kg⁻¹).

Le concentrazioni misurate nel bacino meridionale sono intermedie, collocandosi tra il valore di TEC e quello di PEC, ad esclusione della carota più meridionale (carota 28) che presenta un valore quasi doppio (1,86 mg kg⁻¹) rispetto al PEC. Valori di 0,010–0,030 mg kg⁻¹ di Hg sono da considerarsi valori di fondo (Camusso *et al.*, in prep.; Viel & Damiani, 1985).

Nel bacino settentrionale a Brissago (Figg. 2.3.17 e 2.3.18) le concentrazioni più basse sono state misurate in corrispondenza degli anni 1977-89 per poi raddoppiare anche in questo bacino in corrispondenza degli inizi e fine anni '90.

Nel bacino centrale le concentrazioni di tutti gli elementi sono complessivamente più elevate di quelle del bacino settentrionale e si osservano dei picchi di concentrazione nella carota di sedimento nella stazione di Ghiffa (Figg. 2.3.19 e 2.3.20) in corrispondenza delle piene già citate (2000 e 1993), ma anche un massimo in corrispondenza della fine degli anni '70, quando si è raggiunto il massimo assoluto di contaminazione.

Valori simili o ancora più elevati nel caso di As, Cu e Cd si osservano nel bacino meridionale, sia nella carota 27 più recente, a Ispra (Tabella 2.3.28; Figg. 2.3.21 e 2.3.22), che nella carota 28 in prossimità del Ticino emissario (Tabella 2.3.29), a documentare il processo di sedimentazione e trasporto dei contaminanti che dal Toce attraverso il bacino di Pallanza finiscono nel bacino Sud e da lì nell'emissario. Le concentrazioni soprattutto di Hg, ma anche di Cd e Cu sono ancora molto elevate anche se in lieve diminuzione.

Per poter seguire negli anni prossimi (2002-2005) gli andamenti evolutivi di questi elementi e soprattutto del mercurio sarebbe interessante abbinare all'analisi dei sedimenti, anche quella sui molluschi come indicatori dell'accumulo di metalli dall'acqua e dal particolato sospeso (Camusso *et al.*, 2001).

Tabella 2.3.26. Bacino settentrionale. Carote 29B e 30B: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 29B		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001-00	16,5	0,334	44,9	0,035
2-3	—	13,6	0,191	34,8	0,032
4-5	—	21,6	0,385	42,7	0,036
6-7	—	22,2	0,428	45,2	0,034
8-9	—	19,0	0,309	43,8	0,021
10-11	—	27,3	0,510	54,1	0,032
12-13	—	15,5	0,251	30,8	0,013
14-15	—	17,1	0,252	27,6	0,006
16-17	—	21,4	0,345	34,3	0,015
18-19	—	15,3	0,248	23,3	0,012

CAROTA 30B		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>				
0-1	2001-98	29,2	0,728	71,8	0,085
1-2	1998-95	23,1	0,667	65,6	0,079
2-3	1995-92	23,4	0,582	54,0	0,056
3-4	1992-89	34,0	0,937	72,0	0,094
4-5	1989-86	14,2	0,512	57,9	0,034
7-8	1980-77	15,7	0,480	37,1	0,045
10-11	1971-68	18,9	0,494	31,3	0,041
13-14	1961-58	30,4	0,464	43,5	0,300
14-15	1958-55	44,0	0,593	56,9	0,667
16-17	1952-49	33,6	0,447	49,4	0,419

Tabella 2.3.27. Bacino centrale. Carote 31B, 32B e 25B: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 31B		As	Cd	Cu	Hg
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-1951	53,6	1,12	104	3,10
1-2	<1950	68,1	0,745	76,6	2,12

CAROTA 32B		As	Cd	Cu	Hg
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-00	51,9	0,874	96,2	7,23
1-2	2000-99	51,4	0,707	80,8	2,47
2-3	1999	44,1	0,826	79,4	1,26
3-4	1999-98	61,8	0,900	93,9	1,33
4-5	1998-97	23,2	0,436	43,4	0,43
5-6	1997	53,9	0,988	100	1,35
6-7	1997-96	41,4	1,03	92,6	1,60
8-9	1995	42,6	1,10	95,0	2,03
10-11	1994-93	36,8	0,973	84,7	1,47
11-12	1993	50,5	0,982	91,6	1,38
12-13	1993-92	49,4	1,18	110	0,56
13-14	1992-91	55,3	0,942	98,4	1,32
14-15	1991	41,3	0,971	88,8	1,44
16-17	1990-89	46,2	0,972	82,3	4,52
18-19	1989-88	43,1	0,948	81,9	1,18
20-21	1987	64,1	1,16	99,9	1,53
23-24	1985-84	77,5	1,71	106	0,68
25-26	1984-83	65,6	2,33	111	0,92
27-28	1982-81	59,2	1,42	101	2,75
29-30	1981-80	30,2	0,68	58,5	1,22
31-32	1979-78	94,8	2,02	144	9,61

CAROTA 25B		As	Cd	Cu	Hg
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-00	26,3	0,495	57,3	0,86

Tabella 2.3.28. Bacino meridionale. Carota 27: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 27		As	Cd	Cu	Hg
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-00	76,1	0,722	89,2	0,64
1-2	2000-97	45,1	1,09	95,5	2,31
2-3	1997-94	49,0	1,44	112	0,69
3-4	1994-92	70,0	2,11	123	0,89
4-5	1992-90	52,4	1,55	118	0,81
5-6	1990-88	87,0	1,98	121	1,15
6-7	1988-86	131	2,22	122	1,34
7-8	1986-84	136	2,44	125	2,13
8-9	1984-82	135	2,41	126	2,50
9-10	1982-80	108	2,25	116	1,64

Tabella 2.3.29. Bacino meridionale. Carota 28: profili delle concentrazioni dei metalli

CAROTA 28		As	Cd	Cu	Hg
<i>strato cm</i>	<i>anno</i>	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-1	2001-96	38,2	1,15	107	1,86
1-2	1996-91	22,7	1,96	115	2,59
2-3	1991-86	32,6	2,25	145	2,76
3-4	1986-84	50,6	2,67	141	3,94
4-5	1983-81	50,6	3,18	151	3,54
5-6	1980-78	69,5	3,41	162	3,69
6-7	1977-75	91,8	4,35	178	6,82
8-9	1974-72	111	4,59	176	8,34
10-11	1971-69	145	4,20	185	7,88
12-13	1968-66	80,7	2,05	123	8,99
14-15	1965-63	82,9	1,79	113	15,8
16-17	1962-60	67,5	1,32	107	8,82

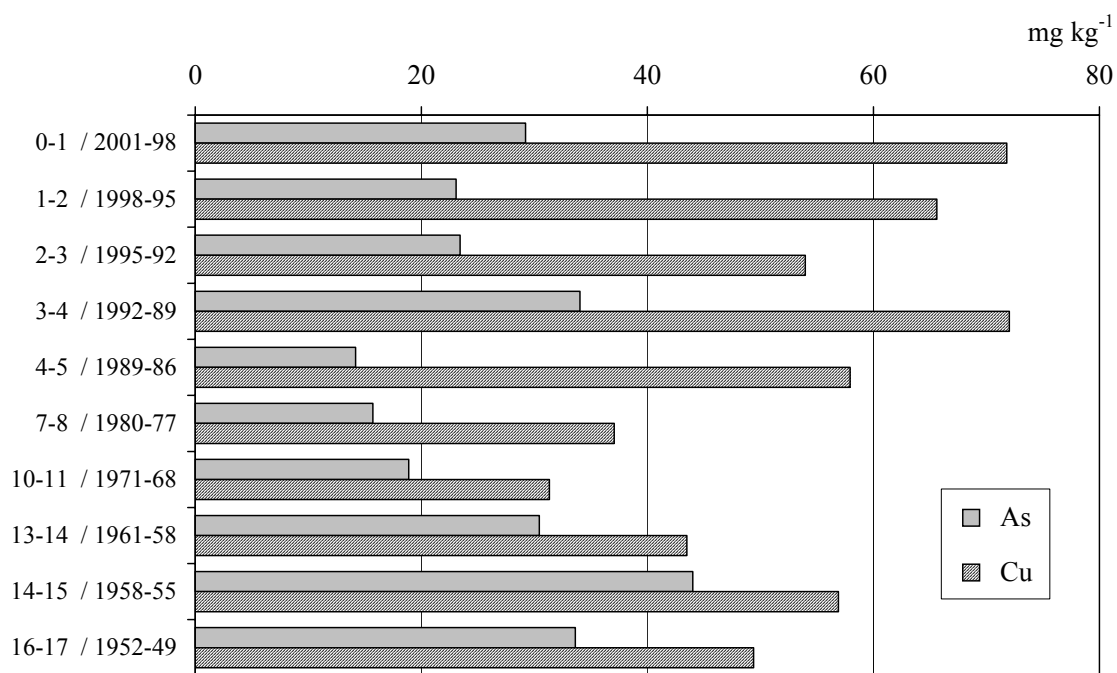


Fig. 2.3.17. Bacino settentrionale. Carota 30B: profili delle concentrazioni di arsenico e rame in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

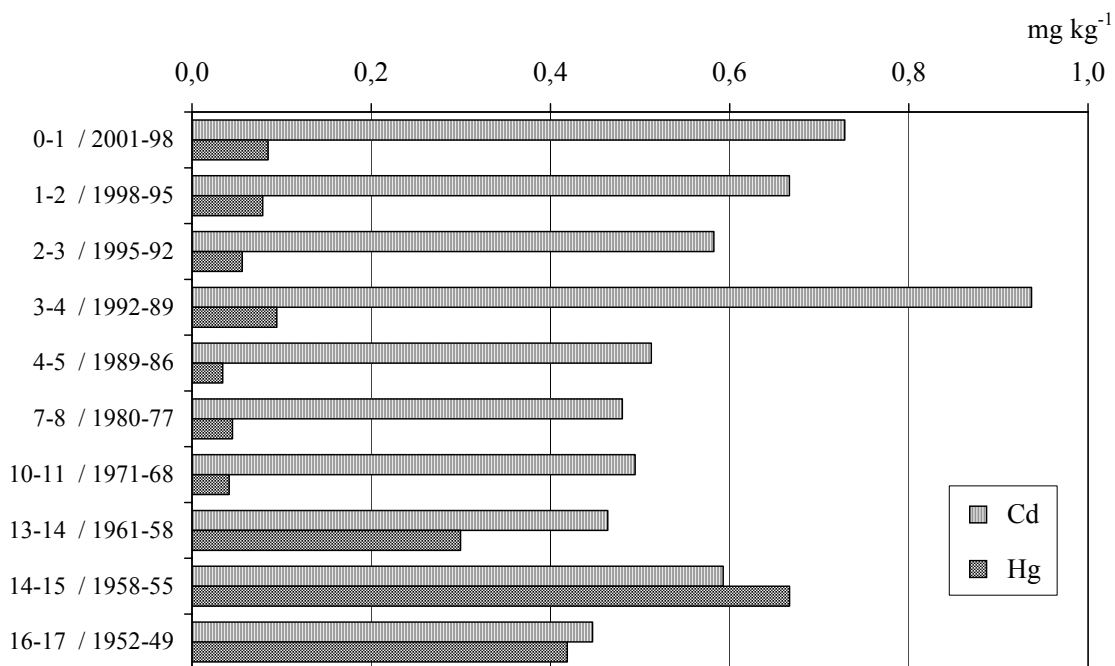


Fig. 2.3.18. Bacino settentrionale. Carota 30B: profili delle concentrazioni di cadmio e mercurio in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

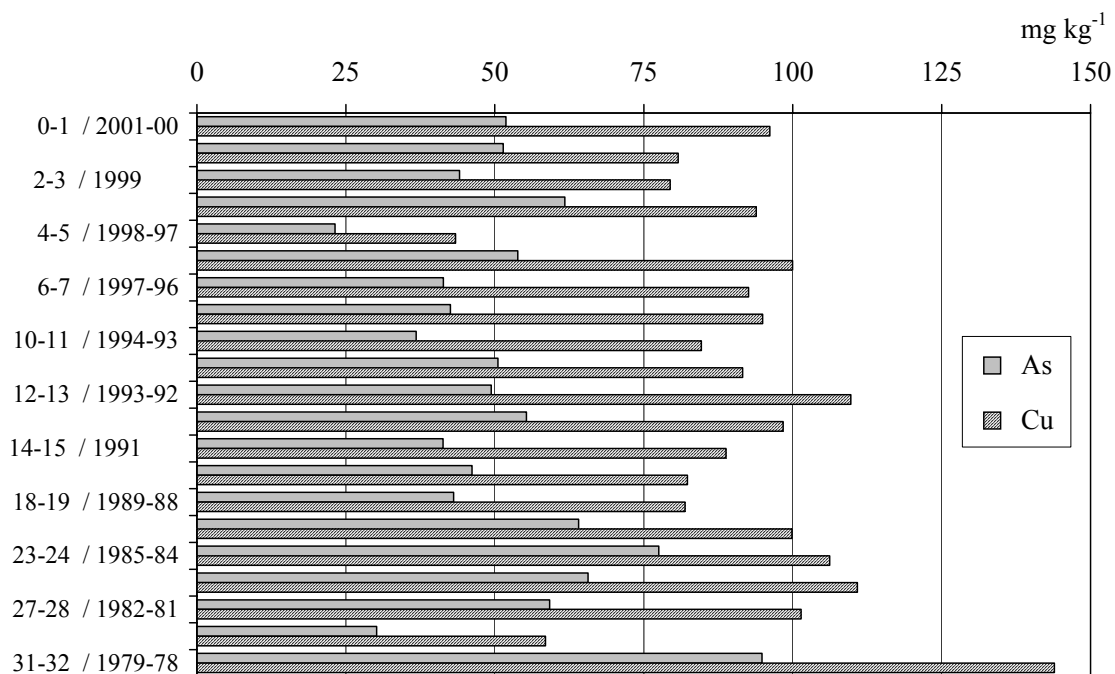


Fig. 2.3.19. Bacino centrale. Carota 32B: profili delle concentrazioni di arsenico e rame in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

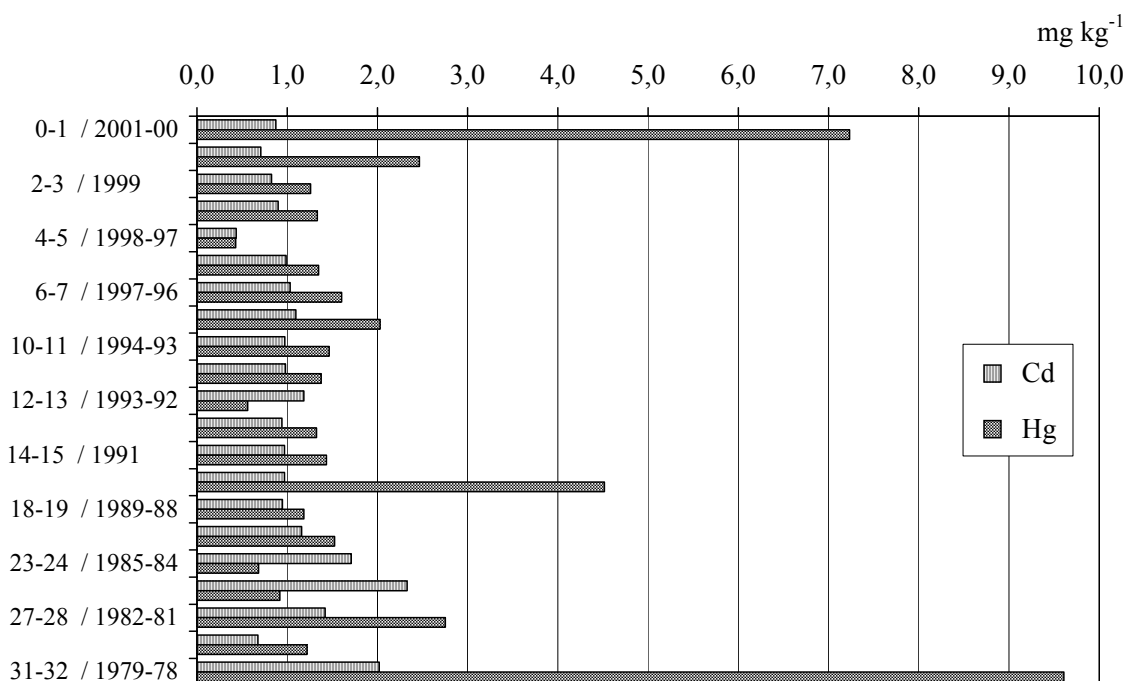


Fig. 2.3.20. Bacino centrale. Carota 32B: profili delle concentrazioni di cadmio e mercurio in rapporto a ciascuno strato e al corrispondente anno di datazione

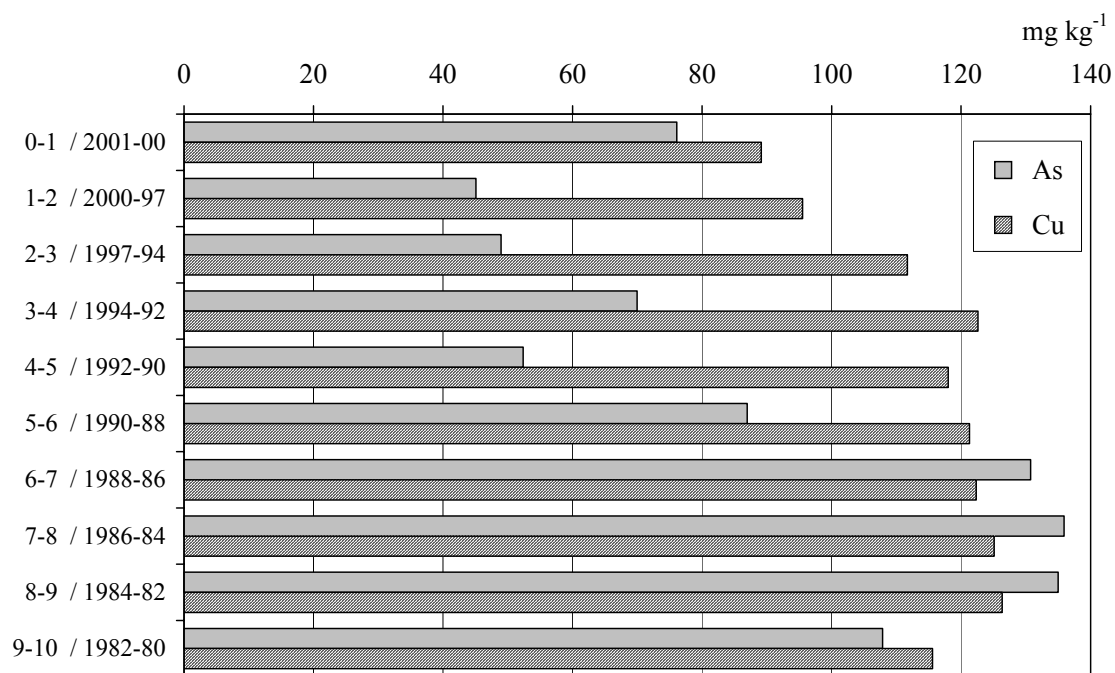


Fig. 2.3.21. Bacino meridionale. Carota 27: profili delle concentrazioni di arsenico e rame in rapporto a ciascuno strato e al corrispondente anno di datazione

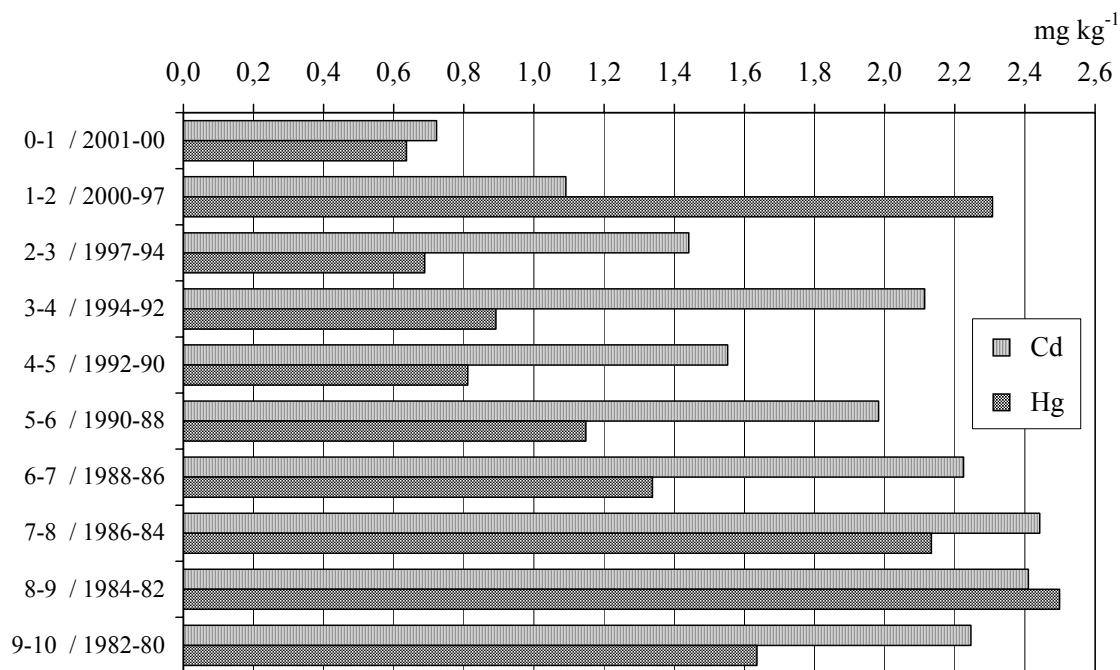


Fig. 2.3.22. Bacino meridionale. Carota 27: profili delle concentrazioni di cadmio e mercurio in rapporto a ciascun strato e al corrispondente anno di datazione

Bibliografia

- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 81 pp.
- Camusso M., R. Balestrini & A. Binelli. 2001. Use of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) to assess trace metal contamination in the largest Italian subalpine lakes. *Chemosphere* 44:263-270.
- Camusso M., S. Galassi & D. Vignati. 2002. Assessment of river Po sediment quality by micropollutant analysis. *Water Research* 36: 2491-2504.
- MacDonald D.D., C.G. Ingersoll, & T.A. Berger. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39: 20-31.
- Viel M., & V. Damiani. 1985. Sedimentological and geochemical study of recent deposits in Lago Maggiore. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 43: 181-238.

3. APPORTI DAI TRIBUTARI

Sono stati eseguiti i 12 campionamenti previsti alla foce dei sette tributari indicati dal programma, più il Fiume Bardello emissario del Lago di Varese. La serie di analisi su quest'ultimo tributario sostituisce i prelievi quindicinali previsti per il Toce, ritenuti inutili visti i bassi livelli di contaminazione riscontrati. Viceversa, gli interventi attualmente in atto nel Lago di Varese potrebbero comportare rimobilizzazione di contaminanti dai sedimenti, con conseguente trasporto al Lago Maggiore attraverso il Bardello.

Le estrazioni e le analisi sono stati eseguiti con la stessa metodologia adottata nel 1998 per i tributari che consiste nelle seguenti fasi:

- Filtrazione su membrane di acetato di cellulosa (Sartorius) da 0,45 μm ;
- Estrazione con solvente (n-esano, grado analisi dei residui, Merck) separatamente dei filtri e del filtrato;
- Purificazione su Florisil (0,150-0,250 mm, Merck) sia degli estratti del particolato sia degli estratti del filtrato;
- Concentrazione a 0,5 o 1 ml e analisi in Gascromatografia con rivelazione a cattura di elettroni;
- Quantificazione con il metodo dello standard esterno;
- Conferme col metodo delle aggiunte su diverse colonne.

Sui campioni disciolti e particellati sono stati ricercati tutti i composti omologhi del DDT (pp'DDT, DDE, DDD e op'DDT, DDE, DDD), ma solo pp'DDE e, più raramente, pp'DDT sono stati trovati in alcuni campioni sopra il limite di rilevabilità analitica pari a 0,05 ng l^{-1} , per ogni principio attivo. Poiché tale limite variava da una serie di determinazioni all'altra in funzione della sensibilità strumentale, restando compreso per ogni principio attivo tra 0,01 e 0,05 ng l^{-1} , nella successiva Tabella 3.1. di presentazione dei risultati analitici viene indicato come "nd" ogni valore inferiore al limite di rilevabilità e come traccia "tr." ogni valore compreso tra 0,01 e 0,05 ng l^{-1} . In alcuni campioni erano presenti picchi di notevole intensità dovuti a composti non identificati, che non è stato possibile eliminare con i sistemi di purificazione preliminare. In questo caso nella tabella viene riportata la dicitura "interf.", cioè interferenze. Nel caso dell'ultimo campionamento, non è stato possibile prelevare le acque di tutti i tributari poiché molte strade erano interrotte a causa dello straripamento dei fiumi e del lago.

Rispetto alla situazione del 1998, in cui fu eseguita la precedente campagna di campionamenti, si osserva una notevole diminuzione della contaminazione del Toce, con una presenza del tutto occasionale del composto parentale, pp'DDT. E' da osservare, invece che il valore massimo di pp'DDE misurato nel Ticino immissario a novembre (1,8 ng l^{-1}) è stato superiore al massimo valore trovato nel 1998. Anche in questo caso, l'assenza del pp'DDT fa pensare a un'origine non recente della contaminazione.

Da rilevare anche la notevole contaminazione del campione di dicembre del Verzasca (5,28 ng l^{-1} di pp'DDE) e del campione di giugno 2001 del Bardello (1,02 ng l^{-1} di pp'DDE).

I livelli più elevati sono stati quasi sempre ritrovati nella frazione disciolta. Fa eccezione il campione del Tresa del maggio 2001 in cui pp'DDT e pp'DDE erano associati al particolato. In questo campione era comunque presente molto fito e zooplancton che potrebbero essere responsabili dell'accumulo dei pesticidi. Anche nel campionamento del maggio 2002, eseguito dopo un periodo di piogge intense ed esondazione del lago, la contaminazione era più elevata nel particolato.

Tabella 3.1. (parte 1^a). Concentrazioni (ng l⁻¹) di pp'DDE e pp'DDT sul disciolto (d) e particellato (p) nei campioni raccolti alla foce dei corsi d'acqua esaminati (segue).

		07-mag-01		31-mag-01		26-giu-01		24-lug-01		20-ago-01		01-ott-01	
		pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT
Toce	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	nd	0,11	0,21
	p	0,45	nd	nd	nd	0,4	nd	nd	nd	0,06	nd	0,08	nd
Ticino immissario	d	0,22	nd	Interf.	nd	nd	nd	0,18	nd	0,1	nd	nd	nd
	p	nd	nd	nd	nd	0,25	nd	0,12	nd	nd	nd	nd	nd
Ticino emissario	d	nd	nd	Interf.	nd	0,71	nd	nd	nd	0,2	nd	0,13	nd
	p	nd	tr	Interf.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Tresa	d	0,32	n,d	nd	nd	0,72	nd	nd	nd	0,09	nd	nd	nd
	p	0,11	0,5	0,69	1,64	nd	nd	nd	nd	1,78	nd	nd	nd
Margorabbia	d	tr,	tr,	nd	nd	0,48	nd	0,13	nd	0,08	0,1	0,19	nd
	p	nd	nd	nd	nd	0,88	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Verzasca	d	0,06	nd	Interf.	nd	0,81	nd	0,27	0,08	0,51	nd	nd	nd
	p	nd	nd	nd	nd	0,27	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Maggia	d	nd	nd	nd	nd	0,25	nd	0,14	nd	0,12	nd	nd	nd
	p	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	0,1	nd	nd
Bardello	d	nd	nd	non campionato		1,02	nd	nd	nd	n,d	nd	nd	nd
	p	nd	0,8	non campionato		0,39	nd	0,15	nd	0,11	nd	nd	nd

Tabella 3.1. (parte 2^a). Concentrazioni (ng l⁻¹) di pp'DDE e pp'DDT sul disciolto (d) e particellato (p) nei campioni raccolti alla foce dei corsi d'acqua esaminati.

		05-nov-01		17-dic-01		22-gen-02		27-feb-02		09-apr-02		08-mag-02	
		pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT
Toce	d	0,6	0,43	0,32	nd	0,28	nd	0,05	nd	0,05	nd	0,12	nd
	p	0,07	0,1	0,32	nd	0,23	nd	0,05	nd	tr.	nd	0,28	nd
Ticino immissario	d	1,8	nd	0,18	nd	0,15	nd	nd	nd	0,05	nd	non campionato	
	p	nd	nd	0,18	nd	0,09	nd	nd	nd	0,05	nd	non campionato	
Ticino emissario	d	0,14	nd	0,38	nd	0,18	nd	0,10	0,02	0,12	nd	0,03	nd
	p	nd	nd	0,05	nd	0,15	nd	0,05	nd	nd	nd		nd
Tresa	d	0,24	nd	0,22	nd	0,15	nd	nd	nd	tr	nd	0,06	nd
	p	nd	nd	0,16	nd	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	0,15	nd
Margorabbia	d	0,27	nd	0,21	nd	0,14	nd	nd	nd	tr	nd	interf.	interf.
	p	nd	nd	0,43	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,28	0,46
Verzasca	d	0,18	nd	5,28	0,61	0,15	nd	nd	nd	interf.	interf.	non campionato	
	p	nd	nd	0,21	nd	0,13	nd	nd	nd	0,01	nd	non campionato	
Maggia	d	0,06	nd	0,35	nd	0,09	nd	0,05	nd	interf.	interf.	non campionato	
	p	nd	nd	0,15	nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	non campionato	
Bardello	d	0,1	nd	0,81	0,33	0,19	nd	0,30	nd	0,13	nd	Interf.	interf.
	p	0,17	nd	0,22	nd	0,29	nd	nd	nd	nd	nd	0,20	nd

nd = valore inferiore al limite di rilevabilità

tr. = valore compreso tra 0,01 e 0,05 ng l⁻¹

interf. = interferenze

4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI

Sono stati condotti i quattro campionamenti previsti per i tributari dei fiumi nei mesi di aprile, luglio, ottobre 2001 e gennaio 2002 rispettando la scadenza trimestrale. Nelle campagne di aprile e ottobre 2001 i fiumi erano in regime per lo più di morbida, nel luglio 2001 in piena e nel gennaio 2002 in magra (Tabella 4.1). I campioni di sedimento sono stati raccolti nelle stazioni relative alla foce dei fiumi Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Toce e, in uscita dal Lago Maggiore, nel Ticino emissario. I campioni sono stati liofilizzati e la frazione fine del sedimento (<0,05 mm) è stata analizzata per contenuto in carbonio organico e composti organoclorurati (la procedura adottata è stata quella già utilizzata e riportata come allegato nel precedente contratto). Per quanto riguarda il carbonio organico (Tabella 4.1), il Toce, la Maggia e il Margorabbia sono i fiumi caratterizzati dai valori più contenuti, mentre il Verzasca è senz'altro il tributario più arricchito. L'ultimo campionamento, quello del gennaio 2002, è caratterizzato da un maggior contenuto in carbonio organico per i fiumi Tresa, Margorabbia e Verzasca.

Tabella 4.1. Regimi dei fiumi al momento del campionamento e percentuale di carbonio organico nella frazione granulometrica del sedimento <0,05 mm.

FIUMI	APRILE 2001	LUGLIO 2001	OTTOBRE 2001	GENNAIO 2002
Toce	morbida	piena	morbida	magra
Tresa	morbida	piena	morbida	magra
Ticino Emissario	morbida	piena	morbida	magra
Margorabbia	morbida	morbida / piena	morbida	magra
Maggia	morbida	piena	magra	magra
Verzasca	morbida	morbida	magra	morbida
Toce	2,58%	1,24%	1,03%	1,25%
Tresa	4,40%	4,39%	3,77%	9,48%
Ticino Emissario	4,60%	6,35%	5,42%	5,97%
Margorabbia	2,94%	1,60%	2,14%	4,39%
Maggia	2,01%	0,77%	0,90%	0,30%
Verzasca	7,54%	7,49%	14,68%	14,40%

L'analisi dei principali composti organoclorurati (OC) è riportata nelle Tabelle 4.2–4.7. Il Fiume Maggia (Tabella 4.2) è senz'altro da considerare come il meno contaminato, con valori di fondo sia per DDT, HCH, HCB e PCBs. Unico campione caratterizzato da valori di PCBs superiori ai livelli di fondo (10 ng g⁻¹) è quello di aprile 2001, in cui prevalgono i congeneri a minor grado di clorurazione (PCB28 e PCB31).

Per quanto riguarda il Verzasca (Tabella 4.3) i quattro campionamenti eseguiti evidenziano una maggiore contaminazione da DDTs, PCBs e HCB rispetto a quelli del Fiume Maggia. La prevalenza di pp'DDT rispetto agli altri metaboliti, sottolinea l'origine recente del fenomeno di contaminazione da DDT, che è probabilmente da imputare al trasporto atmosferico di questo composto attraverso i venti che principalmente hanno direzione Sud-Nord (CIP AIS, 1999).

Tabella 4.2. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Maggia.

	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
op-DDT	<0,2	<0,2	<0,1	<0,4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pp-DDT	0,29	0,10	0,12	<0,4	0,01	0,01	0,01	<0,01
op-DDE	0,31	<0,2	0,12	<0,4	0,02	<0,01	0,01	<0,01
pp-DDE	0,49	0,10	0,22	<0,3	0,02	0,01	0,02	<0,01
op-DDD	0,45	0,18	0,85	<0,4	0,02	0,02	0,09	<0,01
pp-DDD	<0,2	<0,2	0,08	<0,3	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
DDT totale	1,54	0,38	1,39	0,00	0,08	0,05	0,15	<0,01
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
α-HCH	0,13	<0,05	0,16	<0,1	0,01	<0,01	0,02	<0,01
β-HCH	0,14	<0,16	0,18	0,51	0,01	<0,01	0,02	0,17
γ-HCH	0,07	0,04	0,22	0,24	<0,01	0,01	0,02	0,08
δ-HCH	0,11	<0,08	0,30	0,22	0,01	<0,01	0,03	0,07
HCH totale	0,45	0,04	0,85	0,97	0,02	0,01	0,09	0,32
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
HCB	0,06	0,06	0,10	0,30	<0,01	0,01	0,01	0,10
T-eptacloro	0,10	<0,1	0,08	<0,2	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Dieldrin	0,12	<0,15	0,05	<0,2	0,01	<0,01	0,01	<0,01
Endrin	<0,5	<0,5	0,10	0,93	<0,01	<0,01	0,01	0,31
Metoxyclor	<0,6	<0,6	0,25	<0,8	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Mirex	<0,4	<0,4	<0,1	<0,7	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	0,28	0,06	0,58	1,22	0,01	0,01	0,06	0,41
PCBs	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
PCB 18	0,26	<0,5	0,16	<1,3	0,01	<0,01	0,02	<0,01
PCB 28	2,89	<0,4	0,10	<0,8	0,14	<0,01	0,01	<0,01
PCB 31	5,04	<0,3	<0,2	<0,6	0,25	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52	nd	nd	nd	nd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 44	0,19	0,15	0,13	<0,7	0,01	0,02	0,01	<0,01
PCB 101	0,39	0,15	0,21	<0,8	0,02	0,02	0,02	<0,01
PCB 149	0,47	0,14	0,15	<0,7	0,02	0,02	0,02	<0,01
PCB 118	1,06	<0,2	0,11	<0,5	0,05	<0,01	0,01	<0,01
PCB 153	0,47	0,22	0,36	<0,5	0,02	0,03	0,04	<0,01
PCB 138	0,63	0,21	0,33	<0,5	0,03	0,03	0,04	<0,01
PCB 180	0,31	0,17	0,23	<0,3	0,02	0,02	0,03	<0,01
PCB 170	0,18	<0,2	0,12	<0,3	0,01	<0,01	0,01	<0,01
PCB 194	<0,2	<0,2	0,05	<0,4	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
PCB totale	11,89	1,03	1,97	0,00	0,59	0,13	0,22	<0,01

Tabella 4.3. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Verzasca.

	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
op-DDT	1,10	0,33	0,46	0,62	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pp-DDT	4,78	4,79	2,11	4,59	0,06	0,06	0,01	0,03
op-DDE	<0,5	0,13	0,15	0,74	<0,01	0,00	<0,01	0,01
pp-DDE	4,17	2,71	0,18	3,69	0,06	0,04	<0,01	0,03
op-DDD	2,19	1,67	0,50	1,19	0,03	0,02	<0,01	0,01
pp-DDD	1,14	0,29	0,81	1,20	0,02	0,00	0,01	0,01
DDT totale	13,38	9,91	4,22	12,03	0,18	0,13	0,03	0,08
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
α-HCH	0,08	0,04	0,05	0,09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
β-HCH	0,39	0,17	1,60	<0,4	0,01	<0,01	0,01	<0,01
γ-HCH	0,99	0,12	0,13	0,31	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
δ-HCH	0,11	0,07	0,31	0,19	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HCH totale	1,57	0,40	2,08	0,58	0,02	0,01	0,01	0,00
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
HCB	4,13	0,21	0,03	1,45	0,05	<0,01	<0,01	0,01
T-eptacloro	0,99	0,13	1,34	0,43	0,01	<0,01	0,01	<0,01
Dieldrin	0,73	0,08	<0,07	0,13	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	0,90	<0,2	0,11	0,22	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Metoxyclor	3,33	<0,6	0,86	<0,5	0,04	<0,01	0,01	<0,01
Mirex	<0,4	<0,4	1,33	<0,5	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
totale	10,07	0,41	3,67	2,22	0,13	0,01	0,03	0,02
PCBs	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
PCB 18	0,31	0,52	1,25	3,17	<0,01	0,01	0,01	0,02
PCB 28	3,18	0,29	<0,2	<0,5	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 31	<0,2	<0,3	<0,2	2,88	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
PCB 52	nd	nd	nd	nd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 44	0,38	0,22	<0,1	2,86	0,01	<0,01	<0,01	0,02
PCB 101	2,99	1,06	0,27	1,68	0,04	0,01	<0,01	0,01
PCB 149	2,89	0,16	0,41	0,66	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 118	1,35	1,15	0,61	0,57	0,02	0,02	<0,01	<0,01
PCB 153	3,85	3,28	1,59	2,96	0,05	0,04	0,01	0,02
PCB 138	4,38	4,31	0,06	2,23	0,06	0,06	<0,01	0,02
PCB 180	3,08	<0,2	<0,06	<0,4	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 170	2,36	<0,2	<0,06	0,49	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 194	0,75	<0,4	<0,07	1,06	0,01	<0,01	<0,01	0,01
PCB totale	25,51	11,00	4,19	18,57	0,34	0,15	0,03	0,13

Tabella 4.4. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F.Margorabbia.

	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
op-DDT	0,36	0,19	0,12	<0,4	0,01	0,01	0,01	<0,01
pp-DDT	0,53	3,12	0,51	0,84	0,02	0,19	0,02	0,02
op-DDE	0,14	<0,2	0,20	0,97	<0,01	<0,01	0,01	0,02
pp-DDE	1,35	0,83	0,75	1,22	0,05	0,05	0,04	0,03
op-DDD	1,52	0,66	2,62	1,09	0,05	0,04	0,12	0,02
pp-DDD	0,31	0,19	0,29	0,45	0,01	0,01	0,01	0,01
DDT totale	4,22	5,00	4,50	4,57	0,14	0,31	0,21	0,10
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
α-HCH	<0,2	<0,05	0,04	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
β-HCH	0,24	0,35	0,30	0,94	0,01	0,02	0,01	0,02
γ-HCH	0,25	0,09	0,36	0,79	0,01	0,01	0,02	0,02
δ-HCH	0,18	0,13	0,18	0,30	0,01	0,01	0,01	0,01
HCH totale	0,67	0,57	0,87	2,19	0,02	0,04	0,04	0,05
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
HCB	0,54	0,31	0,20	4,90	0,02	0,02	0,01	0,11
T-eptacloro	0,25	<0,1	0,28	0,26	0,01	<0,01	0,01	0,01
Dieldrin	0,16	<0,15	<0,2	<0,3	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	0,17	<0,2	0,06	0,74	0,01	<0,01	<0,01	0,02
Metoxyclor	0,55	<0,6	0,25	<0,9	0,02	<0,01	0,01	<0,01
Mirex	<0,2	<0,4	<0,2	<0,7	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	1,67	0,31	0,78	5,90	0,06	0,02	0,04	0,13
PCBs	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
PCB 18	0,43	0,62	1,61	8,62	0,01	0,04	0,08	0,20
PCB 28	0,34	0,23	<0,2	<0,8	0,01	0,01	<0,01	<0,01
PCB 31	0,55	0,28	<0,2	0,95	0,02	0,02	<0,01	0,02
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 44	0,27	0,37	0,62	1,15	0,01	0,02	0,03	0,03
PCB 101	2,59	0,95	0,82	4,81	0,09	0,06	0,04	0,11
PCB 149	1,18	0,38	0,29	<0,7	0,04	0,02	0,01	<0,01
PCB 118	0,99	0,38	0,49	0,95	0,03	0,02	0,02	0,02
PCB 153	1,05	0,52	0,86	0,86	0,04	0,03	0,04	0,02
PCB 138	1,63	0,64	0,89	1,36	0,06	0,04	0,04	0,03
PCB 180	1,32	0,31	0,55	0,68	0,04	0,02	0,03	0,02
PCB 170	0,56	0,14	0,27	<0,3	0,02	0,01	0,01	<0,01
PCB 194	0,52	<0,2	0,16	<0,4	0,02	<0,01	0,01	<0,01
PCBs totali	11,43	4,83	6,57	19,38	0,39	0,30	0,31	0,44

Tabella 4.5. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Tresa.

	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
op-DDT	0,19	1,37	0,44	<0,6	<0,01	0,03	0,01	<0,01
pp-DDT	1,11	10,30	6,75	<0,6	0,03	0,23	0,18	<0,01
op-DDE	0,11	<0,3	0,27	<0,5	0,00	<0,01	0,01	<0,01
pp-DDE	1,83	8,18	1,87	7,26	0,04	0,19	0,05	0,08
op-DDD	0,78	1,96	1,61	1,09	0,02	0,04	0,04	0,01
pp-DDD	<0,5	0,85	0,55	<0,5	<0,01	0,02	0,01	<0,01
DDT totale	4,02	22,65	11,49	8,35	0,09	0,52	0,30	0,09
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
α-HCH	0,08	<0,1	0,34	<0,2	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
β-HCH	0,22	0,55	0,66	3,24	<0,01	0,01	0,02	0,03
γ-HCH	0,12	0,65	0,96	0,71	<0,01	0,01	0,03	0,01
δ-HCH	0,07	0,33	0,82	0,95	<0,01	0,01	0,02	0,01
HCH totale	0,48	1,52	2,78	4,90	0,01	0,03	0,07	0,05
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
HCB	0,73	0,23	0,18	1,21	0,02	0,01	<0,01	0,01
T-eptacloro	0,20	0,47	0,18	0,25	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	0,12	0,73	<0,13	<0,3	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
Endrin	0,10	0,78	0,12	<0,5	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
Metoxyclor	0,44	1,37	0,70	1,37	0,01	0,03	0,02	0,01
Mirex	<0,5	<0,5	<0,12	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	1,58	3,58	1,17	2,83	0,04	0,08	0,03	0,03
PCBs	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
PCB 18	0,26	0,85	0,59	2,42	0,01	0,02	0,02	0,03
PCB 28	1,03	1,78	0,94	<1	0,02	0,04	0,02	<0,01
PCB 31	1,56	3,90	0,78	<0,8	0,04	0,09	0,02	<0,01
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 44	0,13	1,72	0,95	1,73	<0,01	0,04	0,03	0,02
PCB 101	1,46	3,46	1,52	8,95	0,03	0,08	0,04	0,09
PCB 149	0,69	1,13	0,24	<1	0,02	0,03	0,01	<0,01
PCB 118	0,44	1,03	0,36	1,46	0,01	0,02	0,01	0,02
PCB 153	1,40	2,37	0,85	<0,8	0,03	0,05	0,02	<0,01
PCB 138	1,40	2,07	0,63	1,70	0,03	0,05	0,02	0,02
PCB 180	0,57	1,77	0,56	<0,5	0,01	0,04	0,01	<0,01
PCB 170	0,56	0,80	0,24	<0,5	0,01	0,02	0,01	<0,01
PCB 194	0,19	0,41	<0,08	<0,6	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
PCBs totali	9,69	21,27	7,66	16,25	0,22	0,48	0,20	0,17

Tabella 4.6. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Toce.

	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
op-DDT	5,31	9,12	23,10	3,21	0,21	0,74	2,24	0,26
pp-DDT	8,26	61,59	65,70	57,50	0,32	4,97	6,38	4,60
op-DDE	2,54	1,91	3,88	1,86	0,10	0,15	0,38	0,15
pp-DDE	4,68	6,22	14,76	8,08	0,18	0,50	1,43	0,65
op-DDD	8,41	14,41	13,41	7,32	0,33	1,16	1,30	0,59
pp-DDD	9,07	18,34	25,77	17,72	0,35	1,48	2,50	1,42
DDT totale	38,28	111,59	146,63	95,69	1,48	9,00	14,24	7,65
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
α-HCH	0,04	<0,1	0,12	<0,05	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
β-HCH	0,53	<0,3	0,20	0,38	0,02	<0,01	0,02	0,03
γ-HCH	0,19	0,09	0,30	0,23	0,01	0,01	0,03	0,02
δ-HCH	0,20	<0,1	0,16	0,44	0,01	<0,01	0,02	0,04
HCH totale	0,96	0,09	0,77	1,05	0,04	0,01	0,07	0,08
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
HCB	1,83	0,53	0,07	0,67	0,07	0,04	0,01	0,05
T-eptacloro	2,72	0,30	0,42	<0,1	0,11	0,02	0,04	<0,01
Dieldrin	<0,2	<0,2	0,04	<0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	0,55	<0,3	0,45	1,98	0,02	<0,01	0,04	0,16
Metoxyclor	<0,7	<0,7	0,18	<0,4	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Mirex	<0,5	<0,5	<0,1	<0,25	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	5,10	0,83	1,15	2,65	0,20	0,07	0,11	0,21
PCBs	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
PCB 18	0,73	<0,7	0,20	4,43	0,03	<0,01	0,02	0,35
PCB 28	0,41	<0,6	0,45	<0,4	0,02	<0,01	0,04	<0,01
PCB 31	0,44	<0,4	0,64	<0,2	0,02	0,03	0,06	<0,01
PCB 52	nd	nd	nd	nd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 44	1,00	<0,3	0,53	0,62	0,04	<0,01	0,05	0,05
PCB 101	0,68	<0,3	3,79	2,26	0,03	<0,01	0,37	0,18
PCB 149	0,81	<0,5	0,21	<0,7	0,03	<0,01	0,02	<0,01
PCB 118	0,80	<0,3	0,17	2,38	0,03	<0,01	0,02	0,19
PCB 153	1,25	0,35	0,05	1,10	0,05	0,03	0,01	0,09
PCB 138	1,12	0,43	0,31	0,67	0,04	0,03	0,03	0,05
PCB 180	0,68	<0,2	0,22	<0,11	0,03	<0,01	0,02	<0,01
PCB 170	0,45	<0,2	0,18	<0,12	0,02	<0,01	0,02	<0,01
PCB 194	0,24	<0,5	<0,1	<0,14	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCBs totali	8,62	1,21	6,74	11,46	0,33	0,10	0,65	0,92

Tabella 4.7. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Ticino emissario.

	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02	30/04/01	19/07/01	29/10/01	22/01/02
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
op-DDT	7,34	0,97	0,15	<0,3	0,16	0,02	<0,01	<0,01
pp-DDT	7,93	2,98	0,28	2,42	0,17	0,05	0,01	0,04
op-DDE	1,51	0,42	0,26	2,84	0,03	0,01	<0,01	0,05
pp-DDE	5,24	14,45	2,46	6,38	0,11	0,23	0,05	0,11
op-DDD	9,86	36,00	11,94	6,94	0,21	0,57	0,22	0,12
pp-DDD	7,98	12,86	2,96	5,94	0,17	0,20	0,05	0,10
DDT totale	39,85	67,69	18,04	24,52	0,87	1,07	0,33	0,41
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
α-HCH	0,04	<0,1	0,06	0,25	0,00	<0,01	<0,01	<0,01
β-HCH	1,28	<0,3	0,33	<0,4	0,03	<0,01	0,01	<0,01
γ-HCH	1,12	<0,1	0,83	0,81	0,02	<0,01	0,02	0,01
δ-HCH	0,14	<0,1	0,63	2,11	<0,01	<0,01	0,01	0,04
HCH totale	2,58	<0,3	1,85	3,17	0,06	<0,01	0,03	0,05
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
HCB	1,26	0,86	1,10	5,70	0,03	0,01	0,02	0,10
T-eptacloro	2,12	4,49	1,23	<0,2	0,05	0,07	0,02	<0,01
Dieldrin	0,28	<0,2	0,60	0,07	0,01	<0,01	0,01	<0,01
Endrin	0,76	<0,15	0,63	1,05	0,02	<0,01	0,01	0,02
Metoxyclor	6,97	<0,7	0,89	<0,6	0,15	<0,01	0,02	<0,01
Mirex	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	11,39	5,35	4,45	6,82	0,25	0,08	0,08	0,11
PCBs	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng µg ⁻¹)			
PCB 18	7,20	<0,7	1,59	5,26	0,16	<0,01	0,03	0,09
PCB 28	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 31	0,83	<0,4	<0,4	<0,4	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52	nd	nd	nd	nd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 44	1,79	5,90	0,94	3,22	0,04	0,09	0,02	0,05
PCB 101	6,66	23,74	2,58	6,43	0,14	0,37	0,05	0,11
PCB 149	1,70	63,84	<0,5	<0,5	0,04	1,01	<0,01	<0,01
PCB 118	6,39	12,37	5,39	4,27	0,14	0,19	0,10	0,07
PCB 153	4,92	45,67	2,82	2,60	0,11	0,72	0,05	0,04
PCB 138	5,28	37,19	2,61	5,74	0,11	0,59	0,05	0,10
PCB 180	3,71	3,52	1,68	<0,2	0,08	0,06	0,03	<0,01
PCB 170	2,63	3,17	0,93	1,41	0,06	0,05	0,02	0,02
PCB 194	1,49	<0,3	0,73	<0,3	0,03	<0,01	0,01	<0,01
PCBs totali	42,62	195,39	19,27	28,93	0,93	3,08	0,36	0,48

Per quanto concerne il Margorabbia (Tabella 4.4) si osserva una modesta contaminazione da composti organoclorurati con qualche eccezione per quanto concerne i PCBs del campionamento di gennaio 2002, campionamento condotto in periodo di magra del fiume.

Il contributo di DDT del Fiume Tresa al Lago Maggiore (Tabella 4.5) risulta invece sensibilmente più elevato. Questo fatto è probabilmente una conseguenza diretta della contaminazione già riscontrata nel bacino di Tresa del Lago di Lugano, dal quale ha origine il fiume omonimo. Infatti, recenti studi di Guzzella & De Paolis (2001), ammessa l'assenza di fonti locali di inquinamento, hanno ipotizzato che tale bacino lacustre, particolarmente ricco di materiale organico nei sedimenti, potrebbe fungere da trappola di raccolta del DDT che evapora dal vicino Lago Maggiore e ricade con le precipitazioni nel Lago di Lugano. La presenza nel F. Tresa degli altri composti organoclorurati è invece risultata molto modesta.

Differente è la situazione del Fiume Toce (Tabella 4.6) in cui è prevalente la contaminazione da DDT, in particolare modo pp'DDT con un intervallo di valori compreso tra 40 e 150 ng g⁻¹, mentre la contaminazione degli altri composti organoclorurati è invece molto modesta.

I campioni di sedimento del Ticino emissario (Tabella 4.7) evidenziano come il DDT accumulato nel Lago Maggiore venga trasportato in uscita dal lago nell'emissario e sia quindi disponibile per un ulteriore trasporto da qui al Fiume Po. Anche per i PCBs i livelli sono piuttosto elevati e variano da 20 a 200 ng g⁻¹. La contaminazione da PCBs non è tuttavia da imputare al Toce e va ricercata in altri fonti di contaminazione provenienti probabilmente da altri immissari del Lago Maggiore, non analizzati in questa indagine (vedi valori osservati nei sedimenti dei fiumi Bardello e Boesio considerati nella campagna condotta nel 1997–1998, dati trasmessi dall'IRSA alla CIP AIS).

Normalizzando le concentrazione degli OC per il contenuto di carbonio organico presente nei sedimenti, risulta chiaro come per Maggia, Verzasca, Margorabbia e Tresa la contaminazione da DDT sia associata alla presenza di un arricchimento in carbonio organico del sedimento (valori di DDTs totale compresi tra 0,1 e 0,5 ng µg⁻¹ di carbonio organico) e quindi vi sia nel bacino del Lago Maggiore una contaminazione diffusa ed in equilibrio tra i diversi comparti ambientali (acqua-sedimento-aria). Viceversa, per il Toce e il Ticino emissario si è riscontrata una situazione di non equilibrio tra particolato e acqua: per il Toce, a causa dell'apporto ancora associato al dilavamento del terreno presso l'insediamento produttivo di Pieve Vergante; per il Ticino emissario, a causa degli apporto derivanti dal Toce.

Infine, come previsto dal contratto, sono state campionate al termine del mese di giugno (28.06.01) con un carotatore a gravità due carote di sedimento nel bacino artificiale del Verzasca (quota di invaso 458 m su quota a pieno invaso di 470 m) presso Vogorno in Svizzera. La profondità a cui sono state campionate le due carote e le coordinate GPS sono:

Carota 1	Profondità	15 m	Coordinate	46° 14'00'' N	8°50'45'' E
Carota 2	Profondità	38 m	Coordinate	46° 13'49'' N	8°50'55'' E

Le carote sono state trasportate in laboratorio al buio in contenitori refrigerati e successivamente sezionate in fettine da 1 cm sulle quali si è proceduto all'analisi di ¹³⁷Cs, di composti organoclorurati e di metalli in tracce (arsenico, cadmio, rame e mercurio). L'analisi dell'isotopo radioattivo non ha permesso il calcolo della rata di sedimentazione in quanto, essendo essa superiore ad un cm a⁻¹, entrambe le carote di sedimento analizzate sono risultate recenti e non è stato possibile evidenziare i due picchi caratteristici del ¹³⁷Cs.

La contaminazione da composti organoclorurati (Tabella 4.8) è risultata decisamente modesta: <10 ng g⁻¹ per PCBs, <5 ng g⁻¹ per DDTs, HCHs e HCB. Gli altri insetticidi organoclorurati (trans-eptacloroepossido, dieldrin, endrin, mirex e metoxyclo) sono risultati assenti (< 0,1 ng g⁻¹). Sono stati inoltre analizzati gli elementi As, Cd, Cu e Hg in 21 sezioni sulle 20 previste per le due carote di sedimento del bacino del Verzasca, per un totale di 84 analisi su 80 previste (Tabella 4.9). Le concentrazioni sono più alte nello strato superficiale rispetto a quelli più profondi, arrivando per alcuni elementi (As e Cd) a valori doppi, mentre Cu e Hg mostrano variazioni più contenute lungo il profilo. La carota 2 in generale presenta valori più alti della carota 1 per tutti gli elementi. Le concentrazioni misurate in entrambe le carote sono tuttavia risultate abbastanza basse, inferiori (Cd, Hg) o vicine (As, Cu) ai valori soglia (TEC), rispettivamente As=9,79; Cd=0,99; Cu=31,6; Hg=0,18 µg g⁻¹.

Tabella 4.8. Concentrazione dei principali composti organoclorurati (ng g⁻¹) nelle carote campionate nel bacino lacustre del F. Verzasca.

CAROTA N° 1					CAROTA N° 2				
<i>Coordinate 46° 13'49'' N 8°50'55'' E</i>					<i>Coordinate 46° 13'49'' N 8°50'55'' E</i>				
Prof. (cm)	PCBs	DDTs	HCHs	HCB	Prof. (cm)	PCBs	DDTs	HCHs	HCB
0-1	2,8	1,8	0,2	0,1	0-1	4,8	<0,1	1,8	<0,1
1-2	6,3	2,4	5,0	0,3	1-2	1,0	<0,1	<0,1	<0,1
2-3	1,2	0,4	0,1	<0,1	2-3	2,2	<0,1	<0,1	<0,1
3-4	1,3	0,6	0,1	0,1	3-4	1,1	<0,1	<0,1	<0,1
4-5	1,3	<0,1	2,0	0,2	4-5	0,7	<0,1	<0,1	<0,1
5-6	2,1	<0,1	1,2	0,3	5-6	<0,1	<0,1	4,0	<0,1
6-7	5,5	0,6	1,6	0,2	6-7	2,8	<0,1	1,1	1,6
7-8	1,5	0,3	1,2	0,2	7-8	2,5	<0,1	<0,1	<0,1
8-9	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	8-9	5,5	1,9	<0,1	<0,1
9-10	0,9	0,3	1,3	0,2					
10-11	7,9	1,3	2,5	0,3					
11-12	<0,1	1,0	0,6	0,3					

Tabella 4.9. Concentrazione dei metalli (µg g⁻¹) nelle carote campionate nel bacino lacustre del F. Verzasca.

CAROTA N° 1					CAROTA N° 2				
<i>Coordinate 46° 13'49'' N 8°50'55'' E</i>					<i>Coordinate 46° 13'49'' N 8°50'55'' E</i>				
Prof. (cm)	As	Cd	Cu	Hg	Prof. (cm)	As	Cd	Cu	Hg
0-1	5,2	0,267	26,4	0,120	0-1	7,2	0,376	30,5	0,142
1-2	3,9	0,153	25,6	0,091	1-2	5,7	0,204	25,9	0,119
2-3	3,5	0,171	21,1	0,054	2-3	11,6	0,257	30,9	0,125
3-4	3,2	0,129	20,3	0,042	3-4	6,1	0,224	29,0	0,135
4-5	2,6	0,156	17,6	0,031	4-5	6,1	0,229	30,1	0,103
5-6	2,7	0,171	21,1	0,038	5-6	5,0	0,201	29,9	0,107
6-7	2,8	0,175	22,3	0,030	6-7	4,5	0,174	32,8	0,091
7-8	2,9	0,167	23,1	0,038	7-8	3,1	0,119	23,1	0,088
8-9	2,1	0,165	19,6	0,026	8-9	3,3	0,137	22,8	0,103
9-10	2,0	0,126	19,7	0,025					
10-11	2,1	0,112	19,4	0,021					
11-12	2,5	0,125	21,2	0,064					

Bibliografia

- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 81 pp.
- Guzzella L. & A. De Paolis. 2001. “*Monitoraggio dei sedimenti recenti nel bacino del Fiume Tresa per quanto concerne il lindano*”. Relazione per la Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 8 pp.
- MacDonald D.D., C.G. Ingersoll & T.A. Berger. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39: 20-31.

5. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE

Al fine di stimare il contributo degli apporti atmosferici alla contaminazione da composti organoclorurati nel bacino del Lago Maggiore, si è provveduto ad attivare il campionamento delle deposizioni *bulk* in quattro aree significative: due in Italia, influenzate dalla contaminazione di Pieve Vergonte e due in Svizzera in aree prevalentemente non inquinate, posizionando le stazioni a due differenti quote, una bassa (< 300 m) ed una ad alta quota (> 1000 m). Le località di campionamento selezionate sulla base della disponibilità di stazioni esistenti sono state: in Italia, Pallanza (200 m) e Alpe Devero (1600 m); in Svizzera, Locarno (300 m) e Robiei (2000 m).

Per ciascuna stazione sono stati preparati i campioni medi ponderati mensili a partire da aprile–maggio 2001. A causa della persistente siccità invernale che ha caratterizzato i mesi da novembre a gennaio, nel periodo in studio sono stati raccolti 10 campioni di precipitazioni per ciascuna delle due stazioni svizzere, 11 campioni per Alpe Devero e 12 per Pallanza; inoltre, sono stati raccolti dopo i periodi di scarsa piovosità anche alcuni eventi singoli, 4 per Alpe Devero ed altrettanti per Pallanza, sottoponendo ad analisi un totale complessivo di 51 campioni. La raccolta e la preparazione dei campioni medi ponderati è stata condotta dal CNR-ISE per le stazioni italiane e dal DT-SPAA per quelle svizzere.

La concentrazione e l'analisi dei campioni (1 litro per campione) è stata condotta dal CNR-IRSA di Brugherio. Si è proceduto con una unica tecnica di concentrazione filtrando il campione attraverso un supporto di Bakerbond Speedisk C18 XF 50 mm, seguendo la metodica EPA n.608/8080 per i pesticidi organoclorurati (OC) e i PCBs. Tale metodica consente di estrarre e quantificare dal campione acquoso sia gli OC associati al particolato che quelli disciolti nella matrice acquosa. Il risultato è espresso come somma delle due componenti.

I risultati delle analisi sono stati riportati nelle Tabelle 5.1.–5.4 come concentrazioni assolute misurate (ng l^{-1}), nonché nelle Tabelle 5.5–5.8 come carico mensile (ng cm^{-2}) calcolato sulla base del volume d'acqua raccolto e della superficie del campionatore.

Per quanto concerne la stazione di Pallanza (Tabelle 5.1 e 5.5) le maggiori concentrazioni e il carico maggiore di DDT riguardano il campione raccolto nel maggio 2001. Essa, per quanto concerne il DDT totale, è caratterizzata da un carico 4,2 volte superiore a quello di Alpe Devero e 10 volte superiore a quello della stazione svizzera, nonché dalla prevalenza in termini di contributo al carico di pp'DDT, e del metabolita pp'DDE.

Tra gli isomeri degli HCH analizzati predomina in tutte e quattro le stazioni il componente più volatile, vale a dire il lindano (γ HCH). Nelle stazioni di Pallanza e del Devero i carichi annuali totali degli HCH risultano abbastanza simili (rispettivamente 0,56 e 0,25 ng cm^{-2}). L'HCB è l'unico altro insetticida organoclorurato costantemente presente (carico 0,08 ng cm^{-2}). Anche per i PCBs il carico calcolato per Pallanza (0,29 ng cm^{-2}) è in linea con quello misurato per le altre stazioni considerate. I quattro eventi singoli riportati si riferiscono alle precipitazioni raccolte tra febbraio e marzo 2002 e non rivelano particolari anomalie rispetto agli altri campioni medi ponderati considerati.

Per quanto concerne la stazione di Alpe Devero (Tabelle 5.2 e 5.6), i campioni raccolti rivelano una contaminazione inferiore da composti OC rispetto alla situazione di Pallanza e quindi anche in termini di loro carico, questo è mediamente un terzo o un quarto rispetto a quello calcolato per la stazione di Pallanza. L'altitudine sembra quindi avere un effetto positivo nella diluizione dell'inquinamento da composti organoclorurati. I quattro eventi singoli analizzati, anch'essi raccolti tra febbraio e marzo 2002, non rivelano particolari anomalie rispetto agli altri campioni medi ponderati considerati.

Tabella 5.1. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002							
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	05-06 feb	11-18 feb	01-03 mar	06-07 mar
op-DDT	<0,15	<0,1	<0,2	<0,15	<0,15	<0,1	<0,1	<0,5	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pp-DDT	1,98	1,36	0,31	<0,15	0,82	1,00	<0,1	<0,5	0,37	<0,1	<0,01	0,98	<0,1	<0,1	0,36	0,33
op-DDE	<0,15	<0,1	<0,2	<0,1	<0,15	0,05	<0,1	<0,5	0,40	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pp-DDE	3,17	0,18	0,19	<0,1	<0,1	0,17	<0,05	<0,4	0,24	0,24	0,54	1,62	0,35	0,16	0,25	0,13
op-DDD	<0,25	<0,15	<0,3	<0,2	<0,25	<0,1	<1,6	<1,6	<1,6	<0,3	<0,15	<0,15	<0,25	<0,3	<0,3	<0,3
pp-DDD	1,42	0,11	<0,2	<0,15	<0,15	<0,05	<0,1	<0,5	0,12	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,06	<0,1
DDT totale	6,57	1,65	0,50	0	0,82	1,21	0	0	1,12	0,24	0,54	2,60	0,35	0,16	0,68	0,46

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	05-06 feb	11-18 feb	01-03 mar	06-07 mar
α-HCH	0,57	0,27	<0,1	<0,05	0,62	0,99	3,38	<0,2	2,66	1,24	1,06	0,87	1,60	1,00	1,53	1,32
β-HCH	0,31	0,21	0,21	<0,15	0,46	<0,1	1,87	2,80	0,43	4,33	<0,15	<0,15	4,88	3,97	0,96	<0,15
γ-HCH	4,27	4,60	0,32	0,15	0,14	2,64	<0,05	4,00	0,19	1,18	2,21	2,02	1,22	1,15	2,28	0,63
δ-HCH	0,56	0,11	0,27	<0,1	0,26	0,12	1,10	1,16	5,57	0,42	<0,05	0,52	1,05	<0,05	0,51	0,75
HCH totale	5,70	5,21	0,81	0,15	1,48	3,75	6,35	7,96	8,85	7,17	3,28	3,41	8,75	6,12	5,27	2,70

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	05-06 feb	11-18 feb	01-03 mar	06-07 mar
HCB	0,41	0,98	0,24	0,16	<0,05	1,54	1,16	1,58	<0,05	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	0,40	0,29	<0,05
T-eptacloro	0,25	0,20	0,21	<0,1	0,92	0,53	<0,05	<0,35	<0,05	<0,05	0,52	0,36	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dieldrin	<0,15	0,09	<0,2	<0,1	<0,15	<0,05	<0,1	<0,6	<0,05	0,15	0,21	0,15	0,13	0,16	<0,05	<0,05
Endrin	<0,15	<0,1	0,31	<0,15	<0,2	<0,05	<0,1	<0,5	0,22	0,13	<0,05	<0,05	0,32	<0,1	0,33	<0,1
Metoxyclor	<0,3	<0,2	<0,5	<0,3	<0,35	<0,15	<0,2	<1,1	<0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,15	<0,15
Mirex	<0,2	<0,15	<0,3	<0,15	<0,25	<0,1	<0,15	<0,6	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15	<0,1	<0,15
totale	0,66	1,26	0,75	0,16	0,92	2,07	1,16	1,58	0,22	0,52	0,73	0,52	0,45	0,57	0,62	<0,15

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	05-06 feb	11-18 feb	01-03 mar	06-07 mar
PCB 18	0,71	0,76	0,90	<0,3	1,32	0,61	3,53	1,76	<0,2	<0,35	<0,25	<0,25	<0,3	<0,35	<0,3	0,56
PCB 28	<0,2	<0,15	<0,3	<0,2	<0,2	0,18	<0,15	<1,6	<0,1	<0,35	<0,15	<0,15	<0,35	<0,3	4,89	<0,15
PCB 31	0,51	0,51	<0,3	0,41	<0,25	<0,1	<0,15	<1,35	5,25	3,09	<0,15	1,15	3,14	3,06	<0,2	3,29
PCB 44	<0,2	<0,15	<0,25	<0,15	<0,2	<0,1	3,84	<1	0,30	2,32	1,96	<0,1	1,68	2,74	<0,15	<0,15
PCB 101	0,48	<0,15	<0,25	<0,15	<0,2	<0,1	0,48	<0,85	0,24	<0,2	<0,15	<0,15	<0,15	<0,2	0,38	<0,15
PCB 149	<0,2	<0,15	<0,25	<0,15	<0,2	<0,1	0,55	<0,85	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,15	<0,2	<0,1	<0,1
PCB 118	<0,2	<0,1	<0,25	<0,15	<0,2	<0,1	<0,1	<0,5	0,41	0,88	<0,15	1,30	1,12	0,73	<0,15	<0,15
PCB 153	0,27	0,13	0,71	<0,1	<0,2	<0,1	0,41	<0,55	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 138	<0,15	0,11	<0,2	<0,1	0,37	<0,1	<0,1	<0,55	0,06	0,33	<0,1	<0,1	<0,1	0,56	<0,1	<0,1
PCB 180	<0,15	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,35	0,26	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	0,29	<0,1
PCB 170	<0,15	<0,1	<0,15	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,4	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 194	<0,15	<0,1	<0,2	<0,1	<0,15	<0,1	0,06	<0,4	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCBs totali	1,97	1,51	1,61	0,41	1,69	0,79	8,87	1,76	6,52	6,63	1,96	2,46	5,94	7,08	5,56	3,85

Tabella 5.2. Concentrazione [ng l^{-1}] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero (nd = non determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002							
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	04-11 feb	11-18 feb	18-25 feb	18-22 mar
op-DDT	<0,05	<0,1	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,2	nd	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15
pp-DDT	0,26	0,88	0,14	<0,15	0,37	1,75	<0,25	nd	<0,1	0,08	1,47	0,84	<0,1	<0,1	0,82	0,75
op-DDE	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	nd	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15
pp-DDE	0,13	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,15	nd	<0,1	0,19	0,55	0,65	<0,1	0,30	0,75	0,15
op-DDD	<0,1	<0,15	<0,15	<0,2	<0,15	<0,1	<0,35	nd	<0,25	<0,25	<0,2	<0,25	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
pp-DDD	0,18	<0,1	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	nd	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15
DDT totale	0,58	0,88	0,14	0	0,37	1,75	0	nd	0	0,27	2,02	1,48	0	0,30	1,56	0,90

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	04-11 feb	11-18 feb	18-25 feb	18-22 mar
α -HCH	0,20	0,21	<0,05	<0,05	<0,05	0,23	<0,1	nd	<0,05	0,05	0,08	0,06	<0,05	<0,05	0,57	0,17
β -HCH	0,29	<0,1	<0,1	0,24	0,58	0,72	4,41	nd	1,22	0,08	1,88	<0,15	<0,2	<0,15	0,86	0,98
γ -HCH	3,35	2,42	<0,05	0,20	<0,05	5,08	<0,1	nd	0,32	0,65	1,94	1,58	0,60	0,80	1,57	1,54
δ -HCH	0,16	0,17	<0,05	0,19	0,15	0,08	2,26	nd	0,21	0,50	<0,1	<0,05	0,54	0,64	0,86	0,51
HCH totale	4,00	2,80	0	0,63	0,74	6,11	6,67	nd	1,75	1,28	3,90	1,64	1,14	1,44	3,86	3,20

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	04-11 feb	11-18 feb	18-25 feb	18-22 mar
HCB	0,76	1,48	<0	0,11	0,11	<0,05	1,24	nd	0,35	0,24	0,51	<0,05	0,19	0,09	1,56	<0,1
T-eptacloro	0,15	<0,05	<0,05	<0,1	0,33	0,92	<0,1	nd	<0,05	0,06	0,31	0,20	<0,05	<0,05	0,63	<0,1
Dieldrin	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,2	nd	<0,1	0,03	0,23	0,24	<0,1	<0,05	0,32	<0,1
Endrin	<0,05	<0,1	0,14	<0,15	<0,1	<0,1	<0,2	nd	<0,1	0,07	<0,1	0,27	<0,1	<0,1	0,80	0,26
Metoxyclor	<0,1	<0,2	<0,3	<0,3	<0,2	<0,2	<0,5	nd	<0,2	<0,4	<0,25	<0,25	<0,25	<0,2	<0,4	<0,35
Mirex	<0,1	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,1	<0,4	nd	<0,1	<0,25	<0,15	<0,1	<0,2	<0,15	<0,25	<0,25
totale	0,91	1,48	0,14	0,11	0,44	0,92	1,24	nd	0,35	0,40	1,05	0,71	0,19	0,09	3,30	0,26

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	04-11 feb	11-18 feb	18-25 feb	18-22 mar
PCB 18	1,02	0,77	<0,3	<0,3	<0,2	<0,15	<0,6	nd	<0,2	0,26	0,86	<0,3	<0,35	<0,3	2,78	<0,6
PCB 28	<0,1	<0,15	<0,15	<0,2	<0,1	<0,1	<0,45	nd	<0,25	<0,5	<0,2	<0,2	<0,4	<0,35	<0,5	<0,3
PCB 31	0,20	0,25	0,14	<0,2	<0,15	<0,1	<0,45	nd	<0,2	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	1,58
PCB 44	<0,1	<0,15	<0	<0,15	0,29	0,60	1,49	nd	<0,15	1,36	<0,15	1,38	1,34	2,40	<0,3	0,32
PCB 101	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15	<0,1	<0,1	<0,3	nd	<0,15	0,04	<0,15	<0,15	<0,2	<0,15	0,45	<0,3
PCB 149	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15	<0,1	<0,1	<0,35	nd	<0,15	<0,3	0,50	<0,1	<0,2	<0,15	<0,3	<0,15
PCB 118	2,26	<0,1	0,58	<0,15	<0,1	<0,1	<0,3	nd	<0,1	0,97	<0,2	<0,2	0,80	1,07	3,20	<0,35
PCB 153	<0,05	0,24	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	nd	<0,1	0,18	<0,1	<0,1	<0,15	0,45	<0,2	<0,2
PCB 138	0,35	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,25	nd	<0,1	0,23	<0,1	<0,1	<0,15	<0,1	2,49	0,65
PCB 180	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,2	nd	<0,05	<0,15	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15
PCB 170	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,2	nd	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15
PCB 194	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	nd	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,15	<0,15
PCBs totali	3,83	1,26	0,72	0	0,29	0,60	1,49	nd	0	3,06	1,37	1,38	2,14	3,92	8,92	2,55

Tabella 5.3. Concentrazione [ng l^{-1}] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti (nd = non determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002							
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr				
op-DDT	nd	<0,15	<0,15	<0,15	<0,3	<0,15	4,33	nd	<0,25	<0,15	<0,15	<0,1				
pp-DDT	nd	<0,15	0,39	0,55	<0,3	<0,2	5,81	nd	<0,25	<0,15	1,29	<0,1				
op-DDE	nd	<0,15	<0,15	<0,15	<0,25	<0,1	3,03	nd	<0,25	<0,15	<0,15	<0,1				
pp-DDE	nd	<0,1	<0,1	0,10	<0,2	0,42	5,50	nd	<0,15	0,11	0,86	0,89				
op-DDD	nd	<0,25	<0,2	<0,2	<0,4	<0,2	<0,5	nd	<0,5	<0,45	<0,5	<0,2				
pp-DDD	nd	<0,15	<0,15	<0,15	<0,25	<0,1	2,65	nd	<0,25	<0,15	<0,15	<0,1				
DDT totale	nd	0	0,39	0,65	0	0,42	21,32	nd	0	0,11	2,15	0,89				

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr				
α -HCH	nd	0,11	0,13	0,27	0,21	0,18	2,91	nd	0,91	0,24	0,24	0,25				
β -HCH	nd	<0,15	1,79	4,56	<0,3	<0,15	<0,45	nd	<0,4	<0,3	<0,35	0,94				
γ -HCH	nd	<0,1	14,52	20,06	0,70	1,04	1,13	nd	2,13	5,27	1,23	0,64				
δ -HCH	nd	0,13	0,71	0,15	<0,2	<0,1	1,01	nd	0,22	0,17	0,38	0,20				
HCH totale	nd	0,24	17,14	25,04	0,90	1,23	5,05	nd	3,26	5,69	1,86	2,02				

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr				
HCB	nd	0,21	0,22	0,29	0,18	0,15	6,15	nd	0,68	0,14	0,68	0,13				
T-eptacloro	nd	0,16	0,08	<0,1	1,16	<0,1	<0,15	nd	0,12	<0,1	0,92	0,18				
Dieldrin	nd	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	nd	2,80	<0,1	<0,1	0,27				
Endrin	nd	0,35	<0,15	0,12	<0,3	<0,1	<0,3	nd	<0,2	0,23	<0,15	<0,1				
Metoxyclor	nd	<0,3	<0,3	<0,3	<0,65	<0,3	<0,9	nd	<0,55	<0,25	<0,25	<0,2				
Mirex	nd	<0,2	<0,15	<0,2	<0,4	<0,2	<0,5	nd	<0,4	<0,20	<0,2	<0,15				
totale	nd	0,72	0,30	0,41	1,34	0,15	6,15	nd	3,60	0,36	1,60	0,58				

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr				
PCB 18	nd	<0,5	<0,3	<0,3	<0,65	<0,3	9,37	nd	2,49	<0,6	<0,6	<0,3				
PCB 28	nd	<0,3	<0,15	<0,15	<0,4	<0,15	<0,45	nd	<0,9	<0,4	<0,45	<0,2				
PCB 31	nd	0,29	0,34	0,28	<0,4	0,49	1,26	nd	<0,45	<0,3	2,79	<0,3				
PCB 44	nd	0,27	<0,15	0,24	<0,35	<0,15	<0,4	nd	<0,25	0,72	<0,25	<0,15				
PCB 101	nd	<0,2	<0,15	<0,15	<0,3	<0,15	<0,45	nd	<0,4	<0,35	<0,35	<0,15				
PCB 149	nd	<0,2	<0,15	<0,15	<0,3	<0,15	<0,4	nd	<0,4	<0,25	<0,25	<0,15				
PCB 118	nd	<0,2	<0,15	0,33	<0,3	<0,15	<0,4	nd	3,39	<0,25	3,45	<0,15				
PCB 153	nd	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	<0,1	<0,3	nd	<0,3	<0,2	<0,2	<0,1				
PCB 138	nd	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	<0,1	<0,3	nd	<0,3	<0,15	<0,2	<0,1				
PCB 180	nd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,2	nd	<0,2	<0,1	<0,15	<0,15				
PCB 170	nd	<0,15	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,25	nd	<0,2	0,19	<0,15	<0,1				
PCB 194	nd	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	nd	<0,25	<0,1	<0,15	<0,1				
PCBs totali	nd	0,56	0,34	0,86	0	0,49	10,62	nd	5,88	0,91	6,24	0				

Tabella 5.4. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei (nd = non determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002							
	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr			
op-DDT	<0,3	<0,07	<0,15	<0,1	<0,15	<0,3	<0,15	nd	nd	nd	<0,1	<0,05	<0,05			
pp-DDT	<0,45	<0,05	0,49	0,30	<0,15	<0,3	<0,2	nd	nd	nd	<0,15	<0,05	<0,05			
op-DDE	<0,45	<0,05	<0,15	<0,1	<0,1	<0,3	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	<0,05	<0,05			
pp-DDE	<0,25	0,05	0,12	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	0,35	0,29			
op-DDD	<0,55	<0,09	<0,25	<0,15	<0,2	<0,4	<0,2	nd	nd	nd	<0,2	<0,1	<0,1			
pp-DDD	<0,35	<0,06	0,18	<0,1	<0,15	<0,25	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	<0,05	<0,05			
DDT totale	0	0,05	0,79	0,30	0	0	0	nd	nd	nd	0	0,35	0,29			

Lindano ed isomeri	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr			
α-HCH	0,15	0,11	0,16	0,19	<0,05	0,26	0,20	nd	nd	nd	<0,05	0,10	0,04			
β-HCH	<0,3	0,22	<0,2	1,08	7,50	1,62	<0,15	nd	nd	nd	0,93	1,14	10,04			
γ-HCH	6,37	14,13	<0,1	12,89	1,73	12,48	1,82	nd	nd	nd	5,61	3,99	1,06			
δ-HCH	0,30	0,09	0,15	0,45	0,87	0,24	0,13	nd	nd	nd	<0,1	0,11	0,21			
HCH totale	6,83	14,55	0,31	14,60	10,10	14,60	2,14	nd	nd	nd	6,54	5,34	11,34			

HCB e pesticidi	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr			
HCB	0,09	0,04	0,07	0,31	0,19	0,96	0,70	nd	nd	nd	0,27	0,74	0,94			
T-eptacloro	<0,25	0,10	0,24	0,13	<0,1	1,90	0,09	nd	nd	nd	<0,05	0,04	<0,05			
Dieldrin	<0,35	<0,05	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	0,08	<0,05			
Endrin	<0,35	0,05	<0,15	<0,1	<0,15	<0,3	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	<0,05	<0,05			
Metoxyclor	<0,65	<0,2	<0,3	<0,25	<0,25	<0,7	<0,3	nd	nd	nd	<0,3	<0,15	<0,15			
Mirex	<0,55	<0,1	<0,2	<0,15	<0,2	<0,4	<0,2	nd	nd	nd	<0,2	<0,1	<0,1			
totale	0,09	0,20	0,31	0,44	0,19	2,86	0,80	nd	nd	nd	0,27	0,85	0,94			

PCBs	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr			
PCB 18	<0,9	<0,6	<0,45	<0,25	<0,3	<0,65	<0,3	nd	nd	nd	<0,45	<0,2	<0,2			
PCB 28	<0,6	0,39	<0,25	<0,15	<0,15	<0,4	<0,2	nd	nd	nd	<0,35	<0,1	<0,1			
PCB 31	<0,5	1,02	<0,25	0,25	0,33	<0,4	0,87	nd	nd	nd	<0,4	<0,1	<0,1			
PCB 44	<0,5	<0,1	<0,2	<0,15	0,40	0,55	0,61	nd	nd	nd	<0,2	2,58	1,55			
PCB 101	<0,65	<0,1	<0,2	<0,15	<0,15	<0,3	<0,15	nd	nd	nd	<0,2	<0,1	<0,1			
PCB 149	<0,4	<0,1	<0,2	<0,15	<0,15	<0,3	<0,15	nd	nd	nd	1,32	0,42	<0,1			
PCB 118	<0,45	<0,1	<0,15	<0,15	<0,15	<0,3	<0,15	nd	nd	nd	<0,2	<0,1	<0,1			
PCB 153	<0,3	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	<0,1	<0,05			
PCB 138	<0,4	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	0,33	nd	nd	nd	<0,15	<0,1	<0,05			
PCB 180	<0,25	<0,1	<0,1	<0,15	<0,2	<0,2	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	<0,1	<0,05			
PCB 170	<0,3	<0,1	0,16	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	<0,1	<0,05			
PCB 194	<0,3	<0,1	<0,15	<0,1	<0,1	<0,25	<0,1	nd	nd	nd	<0,1	<0,1	<0,05			
PCBs totali	0	1,41	0,16	0,25	0,73	0,55	1,81	nd	nd	nd	1,32	3,00	1,55			

Tabella 5.5. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002				Carico annuale	
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr		
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDT	0,078	0,010	0,004	<0,001	0,002	0,028	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,128	
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	
pp-DDE	0,125	0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,001	0,004	0,003	0,008	0,149	
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	
pp-DDD	0,056	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	0,057	
DDT totale	0,260	0,012	0,006	<0,001	0,002	0,034	0,001	<0,001	0,005	0,004	0,003	0,013	0,340	

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,022	0,002	<0,001	<0,001	0,001	0,028	0,006	<0,001	0,006	0,019	0,006	0,004	0,095
β-HCH	0,012	0,002	0,003	<0,001	0,001	<0,001	0,003	0,001	0,001	0,066	<0,001	<0,001	0,088
γ-HCH	0,169	0,034	0,004	0,002	0,000	0,075	<0,001	0,001	0,000	0,018	0,012	0,010	0,326
δ-HCH	0,022	0,001	0,003	<0,001	0,000	0,003	0,002	0,000	0,013	0,006	<0,001	0,003	0,054
HCH totale	0,226	0,039	0,010	0,002	0,003	0,107	0,011	0,002	0,021	0,109	0,017	0,017	0,563

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,016	0,007	0,003	0,002	<0,001	0,044	0,002	0,000	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,078
T-eptacloro	0,010	0,001	0,003	<0,001	0,002	0,015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,002	0,035
Dieldrin	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	0,001	0,005
Endrin	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,006
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,026	0,009	0,010	0,002	0,002	0,059	0,002	<0,001	0,001	0,008	0,004	0,003	0,125

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,028	0,006	0,012	<0,001	0,002	0,017	0,006	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,071
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
PCB 31	0,020	0,004	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,047	<0,001	0,006	0,095
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	0,001	0,035	0,010	<0,001	0,053
PCB 101	0,019	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,021
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,013	<0,001	0,007	0,021
PCB 153	0,011	0,001	0,009	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,021
PCB 138	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	0,005	<0,001	<0,001	0,007
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs totali	0,078	0,011	0,021	0,005	0,003	0,023	0,015	<0,001	0,015	0,101	0,010	0,013	0,295

Tabella 5.6. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero (nd = non determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDT	0,004	0,004	0,003	<0,001	0,002	0,023	<0,001	nd	<0,001	0,001	0,014	0,006	0,056
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDE	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001	0,005	0,004	0,013
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,003	<0,001	0,005	0,009
pp-DDD	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
DDT totale	0,010	0,004	0,003	<0,001	0,002	0,023	<0,001	nd	<0,001	0,005	0,019	0,016	0,081

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,003	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	nd	<0,001	0,000	0,001	0,000	0,009
β-HCH	0,005	<0,001	<0,001	0,005	0,003	0,009	0,007	nd	0,002	0,001	0,017	<0,001	0,049
γ-HCH	0,056	0,012	<0,001	0,004	<0,001	0,067	<0,001	nd	0,000	0,005	0,018	0,011	0,173
δ-HCH	0,003	0,001	<0,001	0,004	0,001	0,001	0,003	nd	0,000	0,004	<0,001	<0,001	0,017
HCH totale	0,067	0,013	<0,001	0,014	0,004	0,080	0,010	nd	0,002	0,010	0,036	0,011	0,248

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,013	0,007	<0,001	0,002	0,001	<0,001	0,002	nd	0,000	0,002	0,005	<0,001	0,032
T-eptacloro	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,012	<0,001	nd	<0,001	0,000	0,003	0,001	0,021
Dieldrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000	0,002	0,002	0,004
Endrin	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,005
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,015	0,007	0,003	0,002	0,002	0,012	0,002	nd	<0,001	0,003	0,010	0,005	0,062

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,017	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,002	0,008	<0,001	0,031
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 31	0,003	0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,008	0,002	nd	<0,001	0,010	<0,001	0,010	0,031
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,005
PCB 118	0,038	<0,001	0,012	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,007	<0,001	<0,001	0,057
PCB 153	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,003
PCB 138	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,008
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs totali	0,064	0,006	0,015	<0,001	0,001	0,008	0,002	nd	<0,001	0,023	0,013	0,010	0,142

Tabella 5.7. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti (nd = non determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
pp-DDT	nd	<0,001	0,008	0,007	<0,001	<0,001	0,007	nd	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,025
op-DDE	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
pp-DDE	nd	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,006	0,006	nd	<0,001	0,001	0,003	0,005	0,022
op-DDD	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
pp-DDD	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
DDT totale	nd	<0,001	0,008	0,008	<0,001	0,006	0,025	nd	0,001	0,001	0,007	0,005	0,059

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	nd	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	nd	0,002	0,003	0,001	0,001	0,025
β-HCH	nd	<0,001	0,035	0,056	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,095
γ-HCH	nd	<0,001	0,281	0,245	0,009	0,014	0,001	nd	0,004	0,065	0,004	0,003	0,626
δ-HCH	nd	0,004	0,014	0,002	<0,001	<0,001	0,001	nd	0,000	0,002	0,001	0,001	0,026
HCH totale	nd	0,008	0,331	0,306	0,011	0,017	0,006	nd	0,006	0,070	0,006	0,011	0,772

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	nd	0,007	0,004	0,004	0,002	0,002	0,007	nd	0,001	0,002	0,002	0,001	0,032
T-eptacloro	nd	0,005	0,002	<0,001	0,015	<0,001	<0,001	nd	0,000	<0,001	0,003	0,001	0,025
Dieldrin	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	0,005	<0,001	<0,001	0,001	0,006
Endrin	nd	0,012	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,016
Metoxyclor	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	nd	0,024	0,006	0,005	0,017	0,002	0,007	nd	0,006	0,004	0,005	0,003	0,079

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,011	nd	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,015
PCB 28	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 31	nd	0,010	0,007	0,003	<0,001	0,007	0,001	nd	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	0,037
PCB 44	nd	0,009	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,009	<0,001	<0,001	0,021
PCB 101	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 149	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 118	nd	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	0,006	<0,001	0,011	<0,001	0,021
PCB 153	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 138	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 180	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 170	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,002
PCB 194	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs totali	nd	0,018	0,007	0,010	<0,001	0,007	0,012	nd	0,011	0,011	0,020	<0,001	0,096

Tabella 5.8. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei (nd = non determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2001								Anno 2002				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDT	<0,001	0,010	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,020
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDE	0,002	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	0,008	0,003	0,016
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDD	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
DDT totale	0,002	0,016	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	0,008	0,003	0,040

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,005	0,003	0,007	<0,001	0,005	0,004	nd	nd	nd	<0,001	0,002	0,000	0,026
β-HCH	0,010	<0,001	0,038	0,092	0,029	<0,001	nd	nd	nd	0,016	0,026	0,118	0,328
γ-HCH	0,622	<0,001	0,459	0,021	0,222	0,036	nd	nd	nd	0,097	0,091	0,012	1,560
δ-HCH	0,004	0,003	0,016	0,011	0,004	0,002	nd	nd	nd	<0,001	0,002	0,002	0,045
HCH totale	0,640	0,006	0,519	0,124	0,260	0,042	nd	nd	nd	0,113	0,122	0,133	1,959

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,002	0,001	0,011	0,002	0,017	0,014	nd	nd	nd	0,005	0,017	0,011	0,080
T-eptacloro	0,004	0,005	0,004	<0,001	0,034	0,002	nd	nd	nd	<0,001	0,001	<0,001	0,050
Dieldrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	0,002	<0,001	0,002
Endrin	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,009	0,006	0,016	0,002	0,051	0,016	nd	nd	nd	0,005	0,020	0,011	0,135

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0
PCB 28	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,017
PCB 31	0,045	<0,001	0,009	0,004	<0,001	0,017	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,075
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,010	0,012	nd	nd	nd	<0,001	0,059	0,018	0,104
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	0,023	0,010	<0,001	0,032
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 138	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,006
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 170	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	nd	nd	nd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs totali	0,062	0,003	0,009	0,009	0,010	0,036	nd	nd	nd	0,023	0,069	0,018	0,238

Un andamento molto differente si osserva invece per le stazioni svizzere. La stazione di valle, quella di Locarno, (Tabelle 5.3 e 5.7) risulta generalmente meno contaminata rispetto a quella di Robiei (Tabelle 5.4 e 5.8) in alta quota, con la sola eccezione del carico di DDT che risulta simile in entrambe le stazioni. In particolar modo le differenze riguardano il lindano, che risulta tre volte superiore in carico ad alta quota rispetto alla stazione di Locarno. Tale fenomeno potrebbe essere spiegato con l'arricchimento causato dalla ricondensa dei composti organoclorurati che è dimostrato possa verificarsi a quote elevate.

E' da osservare che per il calcolo del carico di Robiei non è stato incluso il primo campione di Aprile 2001 in modo da riferire il carico a 12 mesi e non a 13, mentre per Locarno manca il primo mese di campionamento (maggio 2001) per cui il carico si riferisce a 11 mesi. Tale differenze non dovrebbero tuttavia incidere in modo significativo sulle osservazioni condotte.

6. MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DA DDT NEL LAGO MAGGIORE MEDIANTE L'ANALISI DI ORGANISMI INDICATORI.

6.1. Biomonitoraggio con molluschi

Nel corso del 2001 sono stati campionati gruppi d'individui di *Dreissena polymorpha* presso le stazioni di Baveno e di Pallanza (Villa Taranto) scelte come località rappresentative della situazione di contaminazione all'interno e fuori la baia del Toce. Complessivamente sono stati raccolti 7 campioni per stazione, con frequenza mensile da aprile ad ottobre.

I risultati relativi al DDT totale, ottenuto per somma dei diversi omologhi analizzati e normalizzato sui lipidi estratti, sono presentati nelle Figg. 6.1.1 e 6.1.2 per la stazione di Baveno e Villa Taranto, rispettivamente.

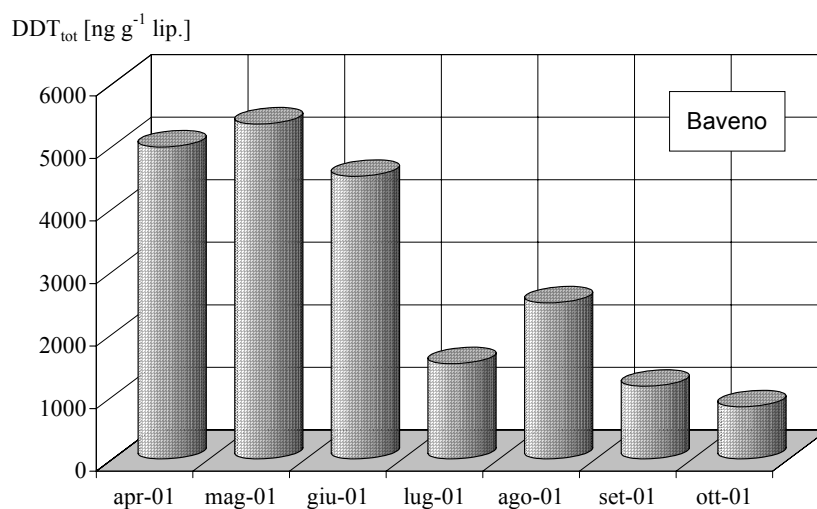


Fig. 6.1.1. Concentrazione di DDT totale, normalizzata sui lipidi estratti, nella stazione di Baveno.

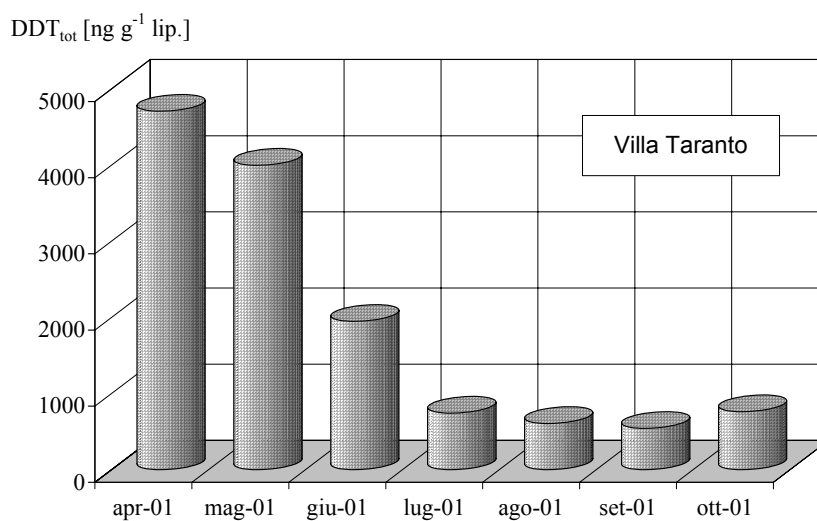


Fig. 6.1.2. Concentrazione di DDT totale, normalizzata sui lipidi estratti, nella stazione di Villa Taranto.

Anche i risultati ottenuti sul peso secco, che permettono di valutare il valore “assoluto” di contaminazione senza l’eventuale effetto di diluizione dei contaminanti nei tessuti lipidici, dovuto a variazioni della loro percentuale durante il periodo riproduttivo, mostrano lo stesso andamento osservato nelle figure precedenti: a Baveno c’è stata una contaminazione di DDT in leggero aumento fino al mese di giugno, seguita da un brusco calo a luglio (Fig. 6.1.3); a Villa Taranto, invece, si è osservata una diminuzione più costante durante tutti i mesi di campionamento, raggiungendo concentrazioni molto basse in quelli tardo-estivi e autunnali (Fig. 6.1.4). Così pure il composto parentale (pp’DDT) ha subito un brusco decremento dal mese di luglio 2001 (Figg. 6.1.5 e 6.1.6).

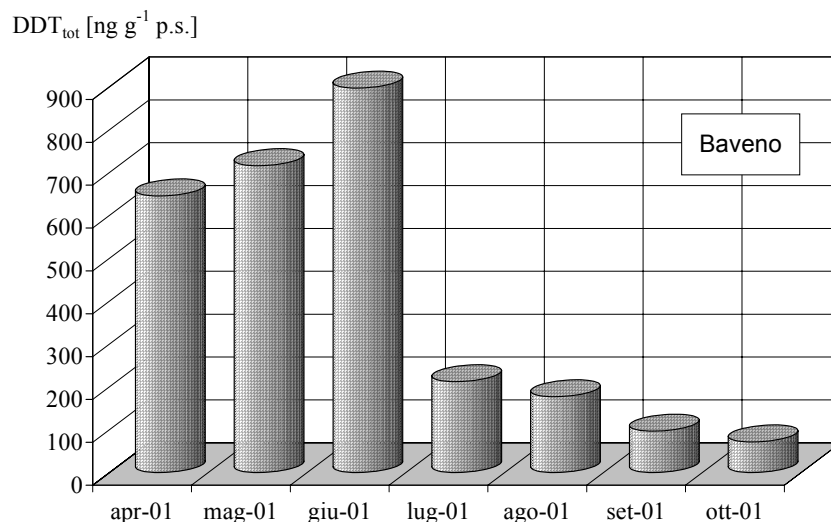


Fig. 6.1.3. Concentrazione di DDT totale, normalizzata sul peso secco, nella stazione di Baveno.

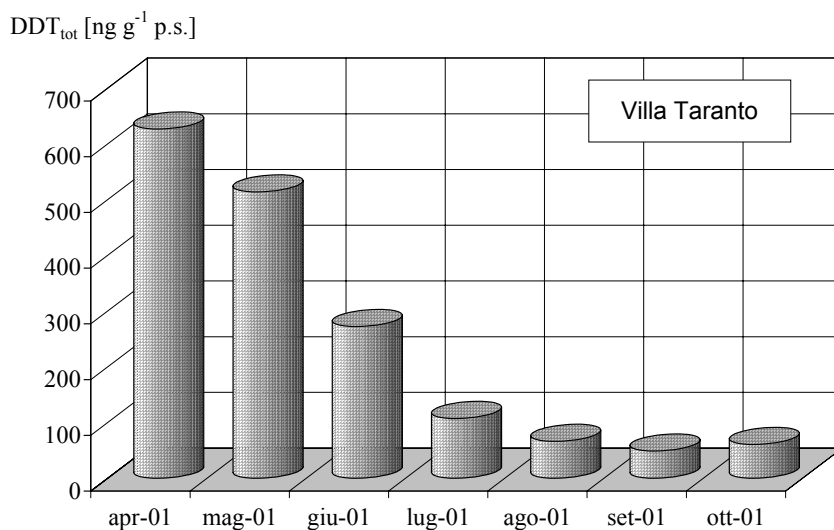


Fig. 6.1.4. Concentrazione di DDT totale, normalizzata sul peso secco, nella stazione di Villa Taranto.

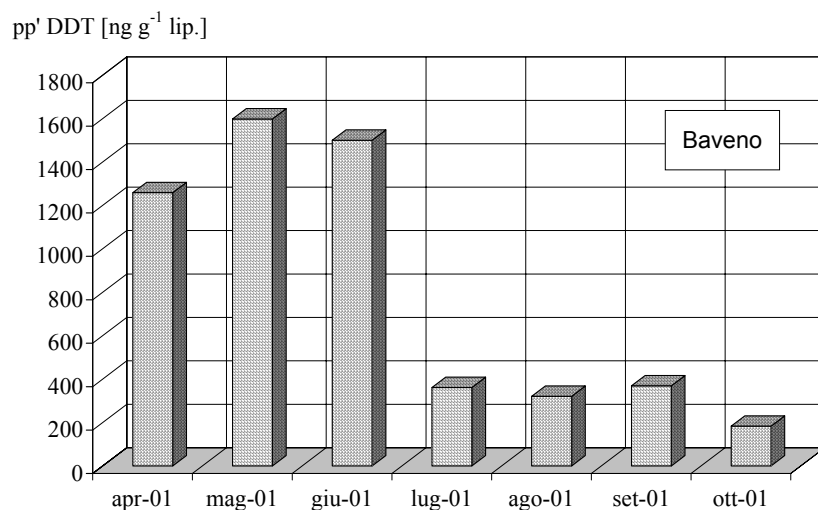


Fig. 6.1.5. Concentrazione del pp'DDT nella stazione di Baveno.

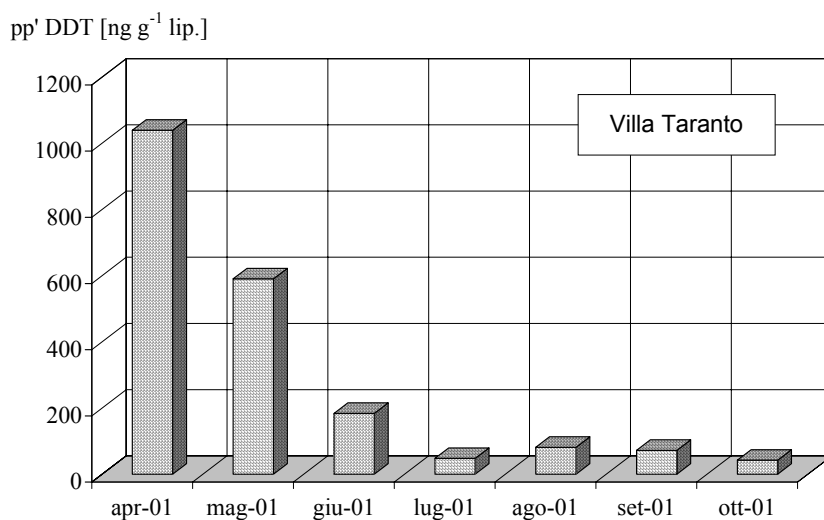


Fig. 6.1.6. Concentrazione del pp'DDT nella stazione di Villa Taranto.

Nelle Tabelle 6.1.1 e 6.1.2 vengono infine mostrati i risultati ottenuti per i diversi isomeri e metaboliti del DDT nelle due stazioni di prelievo, per tutti i mesi campionati. Viene, inoltre, indicato anche il rapporto pp'DDT/pp'DDE che segnala se la contaminazione è pregressa o recente. Si può osservare come, soprattutto a Baveno, il rapporto risulti tendenzialmente più elevato nei mesi primaverili ed estivi rispetto a quelli autunnali, indicando che lentamente la contaminazione tende a “invecchiare” poiché il composto parentale comincia a trasformarsi nei suoi metaboliti.

I risultati ottenuti nel 2001 sembrano dunque indicare una contaminazione che possiamo definire “acuta”, nel senso che i valori di DDT totali da luglio a ottobre si sono abbassati notevolmente rispetto ai primi mesi di campionamento, indicando un probabile rilascio di tali inquinanti dal bacino del Fiume Toce dovuto all'alluvione avvenuta nell'autunno 2000, come

già precedentemente ipotizzato. D'altra parte, anche gli alti livelli di DDD misurati in tutti i mesi di campionamento indicano come la fonte di contaminazione sia probabilmente legata alle condizioni alluvionali, come descritto in letteratura (ATSDR, 2000). Infine, va osservato che il brusco calo dei livelli dei DDTs tra giugno e luglio nella stazione di Baveno e tra maggio e giugno in quella di Villa Taranto è dovuto all'emissione dei gameti, che determina una sorta di purificazione dell'animale in quanto vengono contemporaneamente eliminate le sostanze lipofile contenute nei suoi tessuti molli (Binelli *et al.*, 2001).

Sarà sicuramente opportuno monitorare la situazione di contaminazione anche l'anno successivo per verificare se l'evento di contaminazione è stato sporadico oppure se, mediante un rilascio dai sedimenti o dallo strato ipolimnico della baia, la concentrazione dei DDT tenda ad aumentare nuovamente.

Tabella 6.1.1. Concentrazioni (ng g⁻¹ lipidi) dei diversi omologhi del DDT per la stazione di Baveno.

	<i>aprile</i>	<i>maggio</i>	<i>giugno</i>	<i>luglio</i>	<i>agosto</i>	<i>settembre</i>	<i>ottobre</i>
op' DDE	466	502	117	174	47	13	38
pp' DDE	508	665	338	225	389	168	403
op' DDD	1021	901	1004	234	862	62	17
pp' DDD	1209	907	967	344	818	541	186
op' DDT	524	781	591	183	55	8	5
pp' DDT	1258	1597	1500	361	320	369	183
pp'DDT/pp'DDE	2,5	2,4	4,4	1,6	0,8	2,2	0,5

Tabella 6.2.2. Concentrazioni (ng g⁻¹ lipidi) dei diversi omologhi del DDT per la stazione di Villa Taranto.

	<i>aprile</i>	<i>maggio</i>	<i>giugno</i>	<i>luglio</i>	<i>agosto</i>	<i>settembre</i>	<i>ottobre</i>
op' DDE	369	352	108	24	63	10	13
pp' DDE	475	571	259	26	31	37	114
op' DDD	1262	1149	651	233	77	117	59
pp' DDD	1410	1250	686	398	320	300	529
op' DDT	152	85	60	13	36	6	4
pp' DDT	1039	590	184	48	81	72	43
pp'DDT/pp'DDE	2,2	1,0	0,7	1,8	2,6	1,9	0,4

Bibliografia

- ATSDR. 2000. *Draft toxicological profile for DDT, DDE and DDD*. Syracuse Research Corporation eds. Syracuse: 393 pp.
- Binelli A., R. Bacchetta, G. Vailati, S. Galassi & A. Provini. 2001. DDT contamination in Lake Maggiore (N. Italy) and effects on zebra mussel spawning. *Chemosphere*, 45/4-5: 409-415.

6.2. Biomonitoraggio di uova di svasso maggiore.

Il campionamento è stato eseguito i primi di maggio. Essendo la stagione di riproduzione al suo termine è stato possibile campionare una sola stazione, quella di Fondotoce, dove sono state reperite sei uova di svasso maggiore (*Podiceps cristatus*). Le uova sono state trasferite in congelatore e in seguito liofilizzate.

Le estrazioni per la determinazione della percentuale di lipidi totali e dei DDT sono state eseguite in doppio in Soxhlet con una miscela di acetone-esano 1:1. I lipidi sono stati determinati per pesata, risospesi in esano e digeriti con acido solforico concentrato. Le procedure di purificazione ed analisi sono state eseguite come nel caso dei campioni acquosi. Uno dei sei campioni è stato eliminato perché conteneva un pulcino già formato.

I risultati delle determinazioni dei lipidi totali e dei DDT sono riportati nella Tabella 6.2.1. Essi rappresentano la media delle due determinazioni.

Tabella 6.2.1. Concentrazioni nelle uova in mg kg⁻¹ p.s.

	U1	U2	U3	U5	U6
% lipidi	36,45	44,90	44,41	53,79	54,69
pp'DDE	12,49	23,49	18,39	40,01	17,21
pp'DDT	0,49	0,17	0,65	0,67	0,374
op'DDT	0,08	0,01	0,06	–	0,063
DDT tot	13,06	23,67	19,10	40,68	17,65

Il valore medio dei DDT totali determinato nelle uova di svasso di Fondotoce (22,83 mg kg⁻¹ p.s.; d.s. = 10,67) è simile a quello del 1998 (23,37 mg kg⁻¹ p.s.; d.s. = 22,89) mentre la variabilità è attualmente più contenuta.

Sui campioni del 1998 (Galassi *et al*, in stampa) e su quelli del 2001 sono stati determinati anche i PCB e sono ora in corso le analisi di conferma.

Bibliografia

Galassi S., N. Saino, G. Melone, & V. Croce. 2002. DDT homologues and PCBs in eggs of great crested grebe (*Podiceps cristatus*) and mallard (*Ana platyrhynchos*) from lake Maggiore. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, in press.

7. INDAGINI SUL COMPARTO ITTICO

I campionamenti delle specie ittiche previste sono stati eseguiti con frequenza stagionale tramite pescatori professionisti e hanno riguardato la zona pelagica (lavarello, *Coregonus* sp.; bondella, *Coregonus macrophthalmus*; agone, *Alosa fallax lacustris*) e litorale (tinca, *Tinca tinca*; scardola, *Scardinius erythrophthalmus*; cavedano, *Leuciscus cephalus*; pesce persico, *Perca fluviatilis*) del Lago Maggiore, sia nella porzione lombarda che in quella piemontese. Le pesche sono state realizzate in luglio, settembre, dicembre 2001 e in marzo 2002 avendo cura di catturare un numero di pesci sufficiente a costituire *pools* di 10 individui per ogni specie ittica in esame, in modo da poter predisporre campioni di parte edibile opportunamente omogeneizzati. Quando questo non è stato possibile le analisi sono state eseguite su *pools* numericamente ridotti o su singoli campioni. Le specifiche dei campioni utilizzati sono riportate in Tabella 7.1, dove sono registrati anche i valori medi di lunghezza e peso delle specie pescate. Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi di contenuto lipidico, DDTs, PCBs, esaclorobenzene (HCB) e Hg. La quantità di materia grassa è stata misurata mediante estrazione di 10 g di sostanza in soxlet con etere etilico per 8 ore. L'analisi dei contaminanti organici è stata eseguita in GC/ECD e in GC/MS dopo estrazione e purificazione mediante Gel-Permeation. Il limite di rilevabilità (*Low Concentration Limit*, LCL) per gli isomeri e metaboliti del DDT, così come per i policlorobifenili (PCBs), è di 0,003 mg kg⁻¹ di grasso al quale corrisponde una concentrazione limite riferita alla parte edibile di circa 0,001 mg kg⁻¹. Il mercurio è stato determinato mediante AA-FIAS idruri volatili, previa digestione con miscela solfonitrica.

Nelle Tabelle 7.2 – 7.5 sono riportati i risultati analitici sulle concentrazioni di DDT (metaboliti ed isomeri), dei diversi PCBs, dell'esaclorobenzene HCB e del mercurio riferite alla parte edibile delle specie ittiche campionate. Infine, vengono mostrati gli andamenti delle concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg nella parte edibile di ciascuna delle specie ittiche campionate nelle acque piemontesi e lombarde, anche in riferimento alla “media lago”, vale a dire al valore medio assunto come rappresentativo della concentrazione media del contaminante in quel determinato popolamento ittico lacustre (Figg. 7.1 – 7.7).

Tabella 7.1. Specifiche delle specie ittiche campionate nelle acque piemontesi (P) e lombarde (L) del Lago Maggiore: numero di individui e sesso, lunghezza e peso medio.

		luglio 2001			settembre 2001			dicembre 2001			marzo 2002		
		N° e sesso	Lungh. cm	Peso g	N° e sesso	Lungh. cm	Peso g	N° e sesso	Lungh. cm	Peso g	N° e sesso	Lungh. cm	Peso g
Tinca	P	1M	28,0	370	2M+4F	36,1	790	3F	45,7	1344	3F	53,0	2470
	L	1M+3F	50,5	2134	6F	46,6	1754	1F	37,0	747	2M+4F	46,0	1687
Scardola	P	4M+6F	37,7	721	4F	28,7	301	4M+6F	32,2	453	10F	26,8	262
	L	3M+7F	32,0	450	10F	27,2	290	3M+7F	32,9	471	5M+5F	33,0	512
Cavedano	P	1M+7F	40,0	1071	2M+1F	38,0	967	1M+4F	40,2	758	1M+5F	35,0	558
	L	5F	39,5	715	10F	42,4	841	2F	43,0	1222	1M+9F	42,0	869
Pesce Persico	P	1M	17,0	99	10F	18,1	68	6M+4F	15,6	42	2M+8F	19,0	80
	L	6M+4F	17,5	69	10F	18,2	70	4M+6F	19,5	84	5M+5F	19,0	72
Lavarello	P	3M+7	31,8	326	1M+9F	35,3	417	8M+2F	22,9	350	3M+7F	32,0	218
	L	3M+7F	31,6	256	10F	29,2	215	2M+8F	28,7	213	4M+6F	31,0	207
Bondella	P	3M+7F	36,1	318	10F	22,8	107	5M+5F	25,4	142	10F	26,0	132
	L	2M+8F	26,6	174	10F	26,6	168	7M+3F	26,1	162	4M+6F	28,0	136
Agone	P	5M+5F	24,7	170	7F	31,2	223	10M	25,9	153	10F	24,0	112
	L	10M	27,3	147	10F	26,5	133	5M+5F	26,4	167	2M+8F	23,0	103

Tabella 7.2. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel luglio 2001: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	4,5	2,7	2,5	0,9	2,9	1,7	2,5	2,0	3,3	4,6	6,7	5,0	11,9	8,6
op-DDD	0,040	0,050	0,010	0,002	0,007	0,016	0,006	0,007	0,027	0,020	0,035	0,025	0,270	0,220
pp-DDD	0,130	0,040	0,071	0,005	0,029	0,016	0,030	0,044	0,075	0,100	0,128	0,095	0,740	0,580
op-DDE	0,002	0,010	0,008	0,002	<0,001	<0,001	0,003	0,018	0,002	0,009	0,005	0,011	0,020	0,086
pp-DDE	0,060	0,060	0,053	0,010	0,072	0,031	0,018	0,040	0,039	0,060	0,074	0,055	0,280	0,350
op-DDT	0,010	0,005	0,005	<0,001	0,006	0,003	0,004	0,003	0,012	0,006	0,015	0,008	0,070	0,086
pp-DDT	0,030	0,008	0,080	<0,001	<0,001	0,004	0,006	<0,001	0,010	<0,001	0,031	<0,001	0,140	0,160
DDt tot	0,272	0,173	0,227	0,019	0,114	0,070	0,067	0,112	0,165	0,195	0,288	0,194	1,520	1,482
PCB28	0,003	0,007	0,006	<0,001	0,002	0,003	0,005	0,004	0,003	0,010	0,003	0,005	0,011	0,008
PCB52	0,006	0,015	0,010	<0,001	0,004	0,005	0,012	0,005	0,005	0,021	0,006	0,011	0,013	0,016
PCB101	0,012	0,031	0,021	<0,001	0,006	0,008	0,024	0,007	0,008	0,041	0,007	0,016	0,018	0,032
PCB118	0,017	0,037	0,011	<0,001	0,004	0,007	0,035	0,008	0,007	0,061	0,008	0,024	0,019	0,047
PCB138	0,026	0,058	0,027	<0,001	0,018	0,014	0,048	0,020	0,007	0,092	0,015	0,033	0,045	0,074
PCB153	0,024	0,046	0,033	<0,001	0,007	0,010	0,047	0,010	0,010	0,082	0,009	0,035	0,031	0,065
PCB180	0,012	0,026	0,022	<0,001	0,005	0,005	0,024	0,006	0,006	0,043	0,006	0,016	0,018	0,033
PCBtot	0,100	0,220	0,130	<0,001	0,046	0,052	0,195	0,060	0,046	0,350	0,054	0,140	0,155	0,275
HCB	0,007	0,013	0,004	0,002	0,002	0,014	0,002	0,002	0,006	0,003	0,009	0,009	0,037	0,015
Hg	0,020	0,040	0,100	0,030	0,090	0,060	0,040	0,040	0,040	0,050	0,040	0,040	0,060	0,040

Tabella 7.3. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel settembre 2001: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	1,2	2,3	1,2	1,0	2,7	1,7	2,0	2,3	3,6	3,0	3,5	3,4	8,2	6,9
op-DDD	0,002	0,004	0,004	0,001	0,001	0,004	0,007	0,006	0,006	0,001	0,016	0,005	0,071	0,037
pp-DDD	0,016	0,011	0,024	0,002	0,004	0,002	0,038	0,032	0,087	0,008	0,081	0,070	0,302	0,163
op-DDE	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,008	0,001	0,009	0,011
pp-DDE	0,039	0,048	0,085	0,002	0,011	0,004	0,034	0,025	0,029	0,003	0,043	0,024	0,195	0,066
op-DDT	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,002	0,004	0,001	0,008	0,004	0,028	0,017
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,009	0,002	<0,001	0,001	0,020	0,011	0,083	0,034
DDt tot	0,058	0,065	0,115	0,006	0,016	0,010	0,094	0,067	0,127	0,015	0,176	0,115	0,688	0,328
PCB28	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001
PCB52	0,003	0,002	0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,003	0,002	0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,001	0,001
PCB101	0,009	0,008	0,008	0,002	0,006	0,001	0,003	0,008	0,004	0,003	0,008	0,002	0,008	0,007
PCB118	0,012	0,010	0,013	0,002	0,010	0,001	0,003	0,009	0,003	<0,001	0,008	0,001	0,010	0,044
PCB138	0,019	0,022	0,018	0,004	0,010	0,002	0,011	0,017	0,010	0,002	0,015	0,004	0,024	0,018
PCB153	0,018	0,022	0,022	0,004	0,010	0,004	0,011	0,015	0,012	<0,001	0,014	0,004	0,038	0,017
PCB180	0,009	0,007	0,011	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,003	<0,001	0,005	<0,001	0,011	0,003
PCBtot	0,071	0,071	0,073	0,014	0,040	0,008	0,031	0,057	0,033	0,005	0,055	0,011	0,093	0,090
HCB	0,003	0,001	0,002	<0,001	0,003	<0,001	0,001	0,002	0,004	<0,001	0,003	0,001	0,003	0,002
Hg	0,257	0,195	0,176	0,039	0,063	0,124	0,115	0,082	0,076	0,052	0,072	0,063	0,240	0,172

Tabella 7.4. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel dicembre 2001: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	1,8	3,6	0,9	1,7	2,8	1,4	3,9	2,7	2,0	3,1	3,0	4,3	10,1	13,0
op-DDD	0,002	0,020	0,002	0,002	0,004	0,001	0,004	0,001	0,003	0,001	0,006	0,010	0,035	0,052
pp-DDD	0,006	0,002	0,019	0,007	0,009	0,003	0,018	0,003	0,019	0,015	0,046	0,045	0,119	0,179
op-DDE	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,003	0,008	0,013
pp-DDE	0,012	0,010	0,010	0,008	0,050	0,004	0,018	0,004	0,012	0,009	0,024	0,050	0,083	0,129
op-DDT	<0,001	0,002	0,001	0,001	0,005	0,001	0,011	0,001	0,003	0,002	0,007	0,006	0,013	0,026
pp-DDT	0,002	0,004	<0,001	<0,001	0,004	0,001	0,015	0,001	0,007	0,004	0,019	0,012	0,036	0,087
DDt tot	0,022	0,040	0,032	0,018	0,076	0,010	0,068	0,010	0,044	0,032	0,104	0,126	0,294	0,486
PCB28	<0,001	0,004	0,001	<0,001	0,004	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,001
PCB52	0,001	0,008	0,001	<0,001	0,012	0,001	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,003
PCB101	0,004	0,005	0,001	<0,001	0,013	0,002	0,003	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,004	0,006	0,009
PCB118	0,001	0,009	0,002	0,001	0,019	0,004	0,005	0,001	0,001	0,002	0,002	0,008	0,009	0,015
PCB138	0,001	0,006	0,002	0,001	0,020	0,003	0,004	<0,001	0,001	0,002	0,002	0,007	0,011	0,018
PCB153	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	0,025	0,002	0,002	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	0,014	0,019
PCB180	<0,001	<0,001	<0,011	<0,001	0,009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBtot	0,007	0,038	0,007	0,002	0,102	0,013	0,017	0,003	0,003	0,007	0,008	0,029	0,046	0,065
HCB	<0,001	0,004	0,001	<0,001	0,006	0,002	0,002	<0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,003	0,002
Hg	0,122	0,256	0,050	0,157	0,142	0,202	0,089	0,113	0,073	0,099	0,070	0,077	0,139	0,160

Tabella 7.5. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel marzo 2002: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	3,2	2,3	0,7	0,7	1,6	1,5	1,7	3,1	1,8	2,0	2,9	3,2	10,5	11,5
op-DDD	0,008	<0,001	0,001	<0,001	0,008	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,006	0,018	0,056
pp-DDD	0,036	0,001	0,003	0,001	0,051	0,001	0,002	0,006	0,004	0,004	0,060	0,040	0,055	0,142
op-DDE	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,002	0,005	0,010
pp-DDE	0,049	0,003	0,004	0,001	0,015	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001	0,028	0,017	0,032	0,080
op-DDT	0,003	0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,002	0,001	0,001	<0,001	0,005	0,004	0,008	0,027
pp-DDT	0,011	<0,001	<0,001	0,001	0,014	<0,001	0,012	0,002	0,001	0,001	0,016	0,011	0,016	0,063
DDt tot	0,111	0,005	0,008	0,003	0,093	0,005	0,021	0,013	0,010	0,007	0,120	0,080	0,134	0,378
PCB28	0,006	<0,001	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,001	<0,001	0,007
PCB52	0,005	0,001	0,003	0,002	0,005	0,002	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,004	0,002	0,003	0,014
PCB101	0,008	0,001	0,003	0,002	0,006	0,003	0,002	0,002	<0,001	0,001	0,006	0,003	0,009	0,029
PCB118	0,010	0,001	0,004	0,002	0,006	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,006	0,004	<0,001	0,039
PCB138	0,019	0,002	0,006	0,002	0,007	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001	0,011	0,003	0,018	0,061
PCB153	0,016	<0,001	0,003	0,001	0,007	0,003	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,008	0,003	0,013	0,055
PCB180	0,012	<0,001	0,002	<0,001	0,003	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,009	0,029
PCBtot	0,076	0,005	0,023	0,010	0,037	0,021	0,013	0,009	0,002	0,004	0,043	0,016	0,052	0,234
HCB	0,007	<0,001	0,001	<0,001	0,005	0,002	0,003	0,001	<0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,007
Hg	0,398	0,150	0,114	0,105	0,200	0,080	0,170	0,140	0,090	0,090	0,125	0,106	0,180	0,150

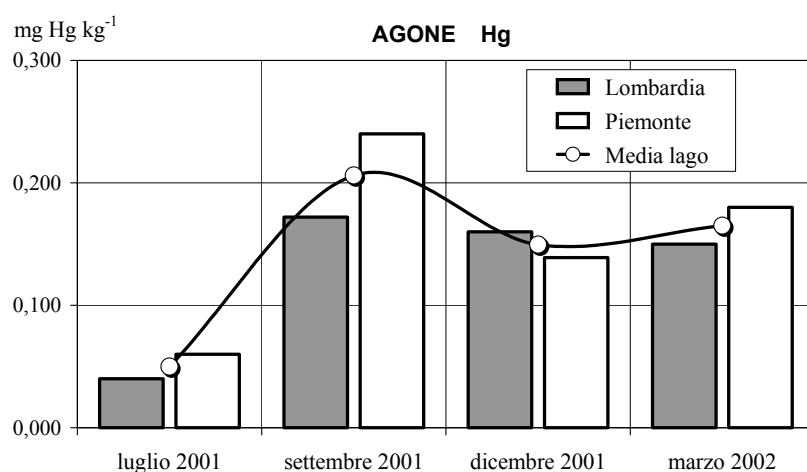
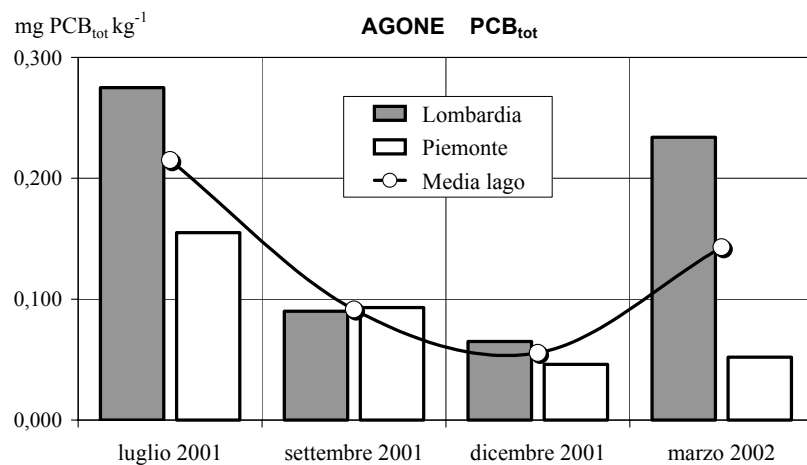
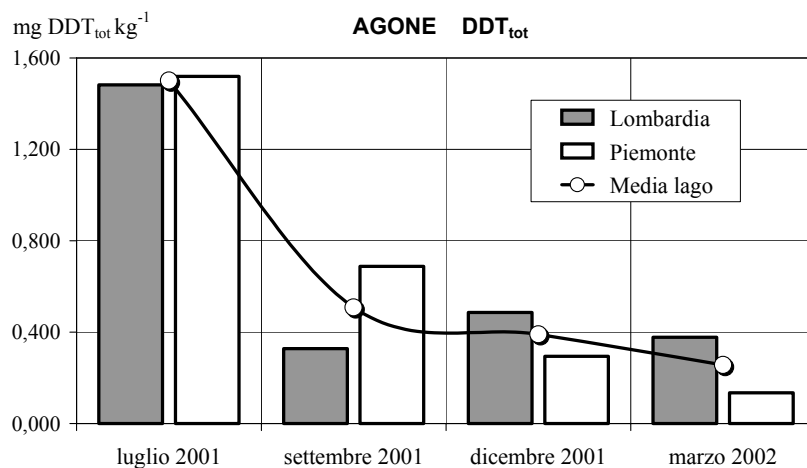


Fig. 7.1. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di agone costituiti ciascuno da un pool di 10 pesci (solo parte edibile)

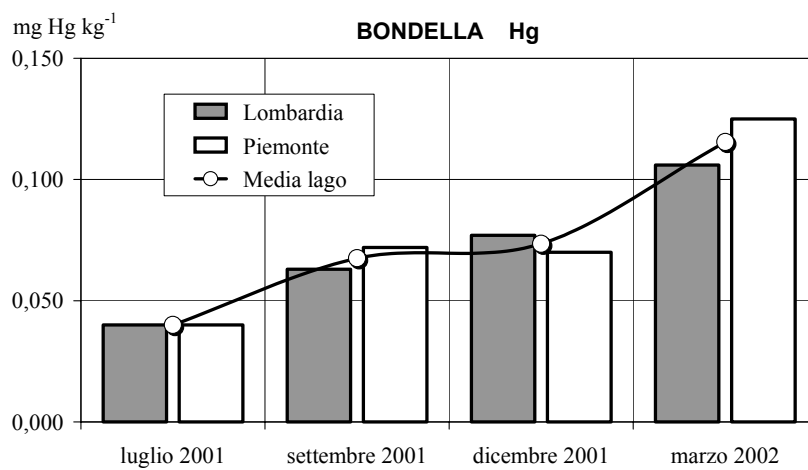
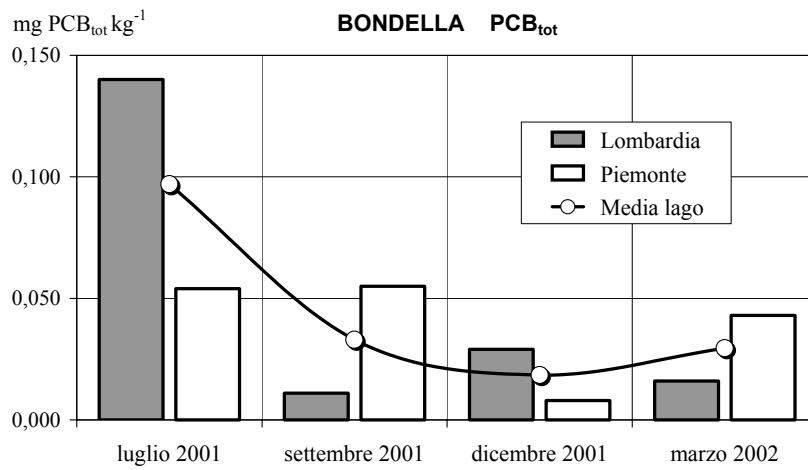
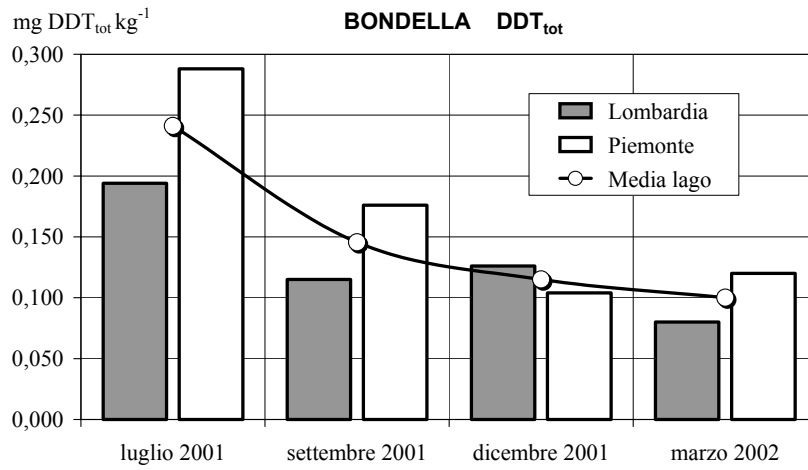


Fig. 7.2. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di bondella costituiti ciascuno da un pool di 10 pesci (solo parte edibile)

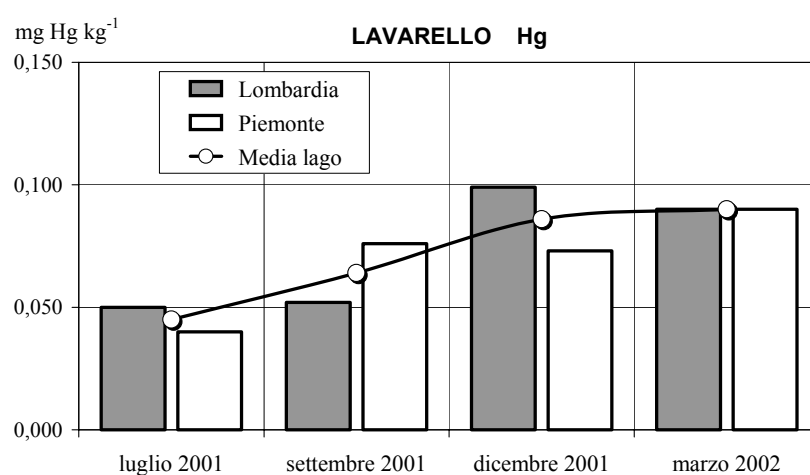
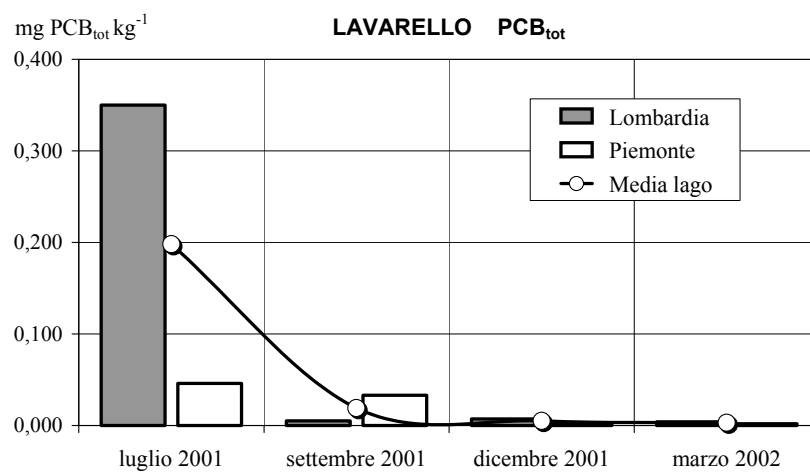
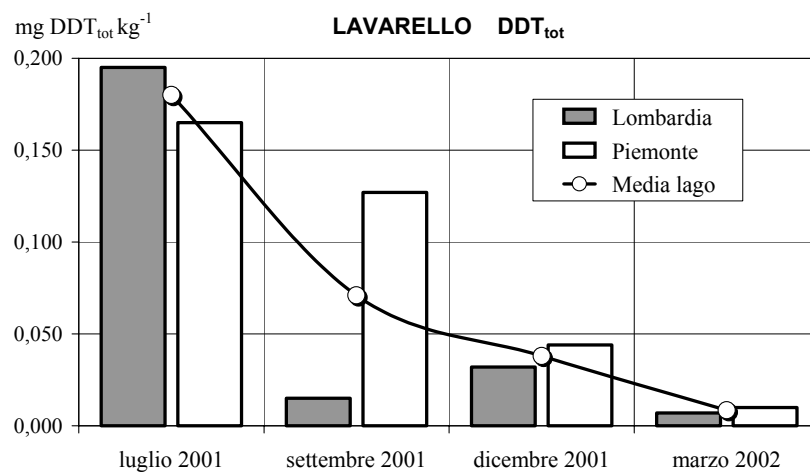


Fig. 7.3. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di lavallo costituiti ciascuno da un pool di 10 pesci (solo parte edibile)

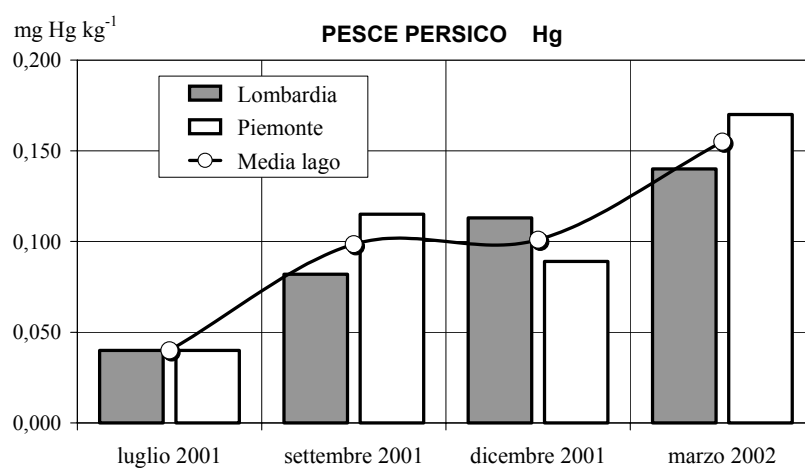
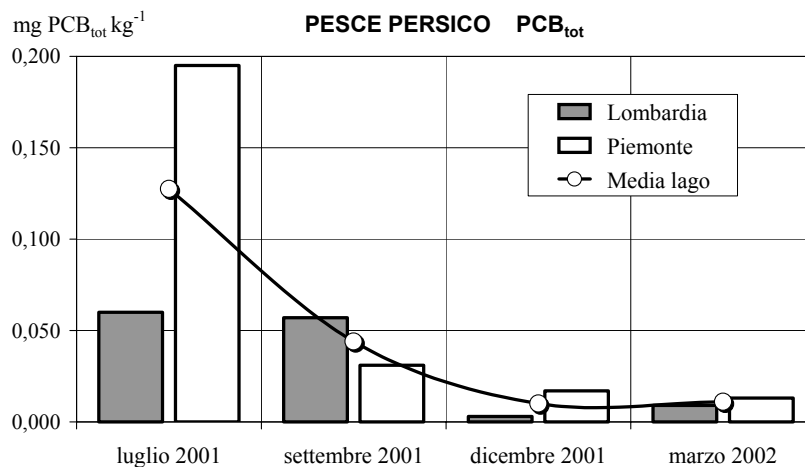
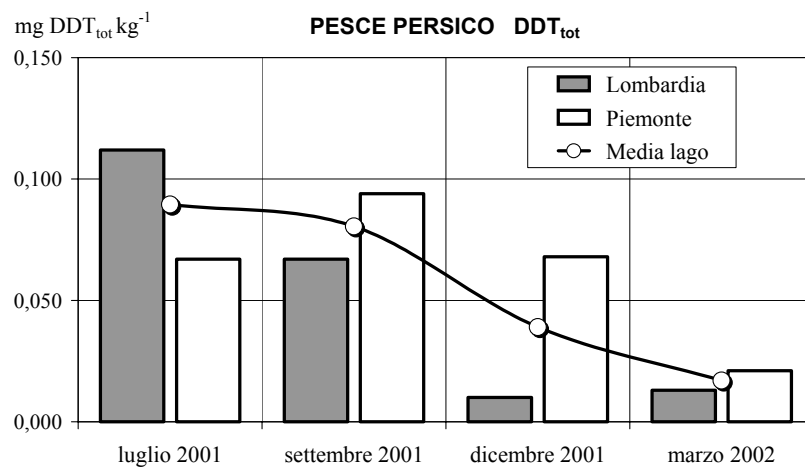


Fig. 7.4. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di pesce persico costituiti ciascuno da un pool di 10 pesci (solo parte edibile)

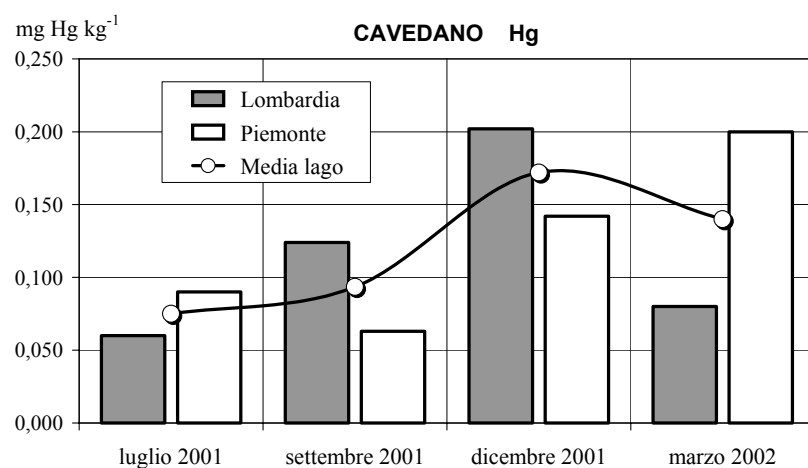
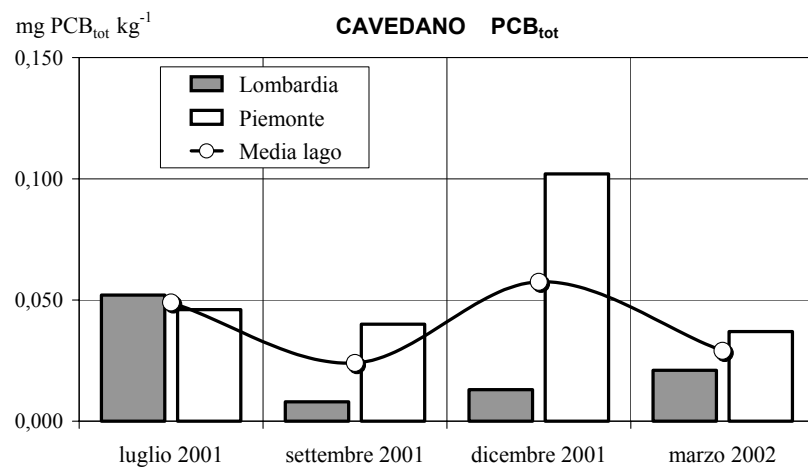
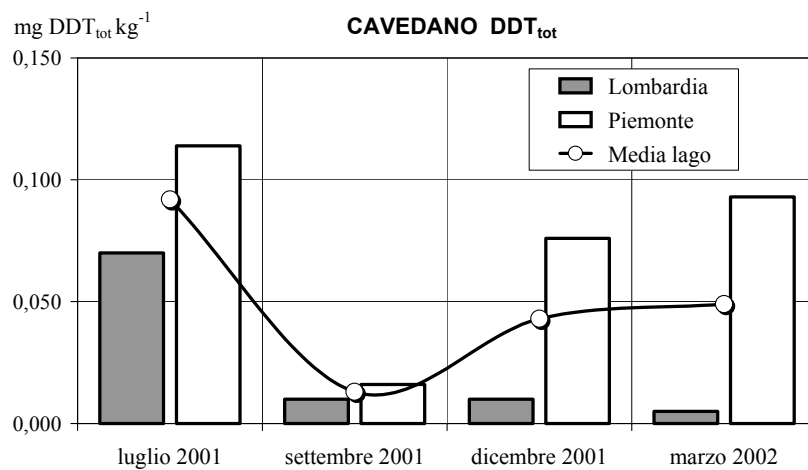


Fig. 7.5. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di cavedano costituiti ciascuno da un pool di 10 pesci (solo parte edibile)

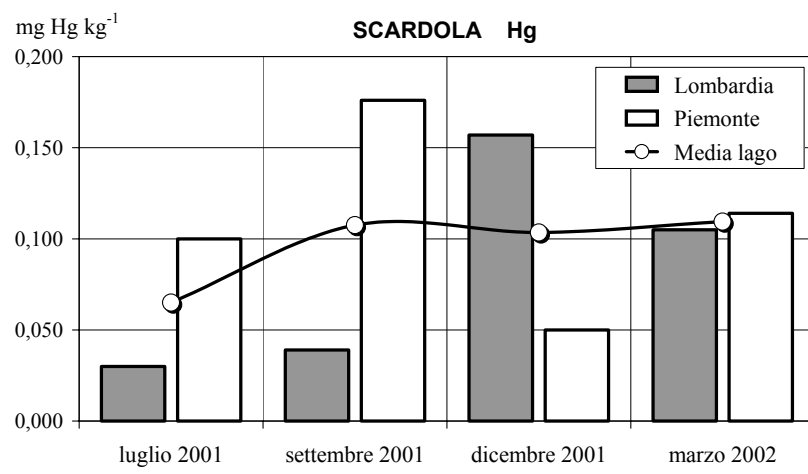
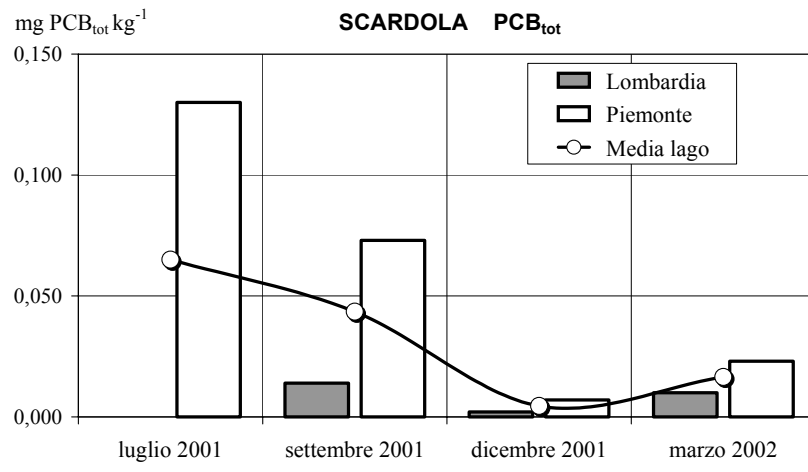
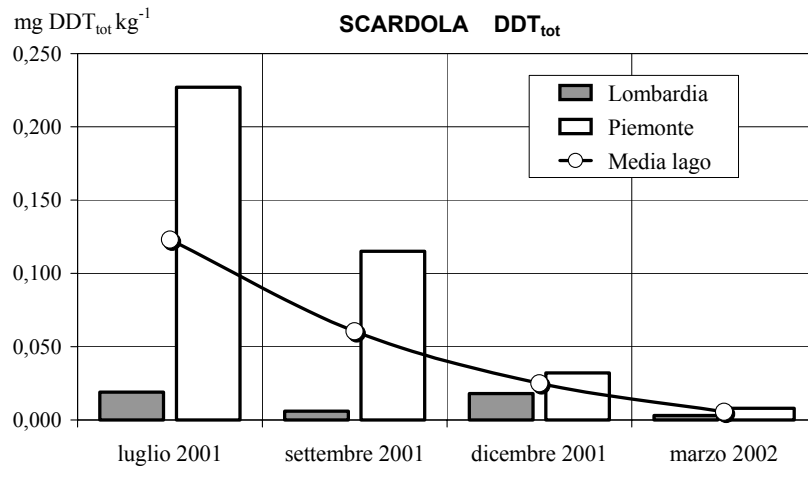


Fig. 7.6. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di scardola costituiti ciascuno da un pool di 10 pesci (solo parte edibile)

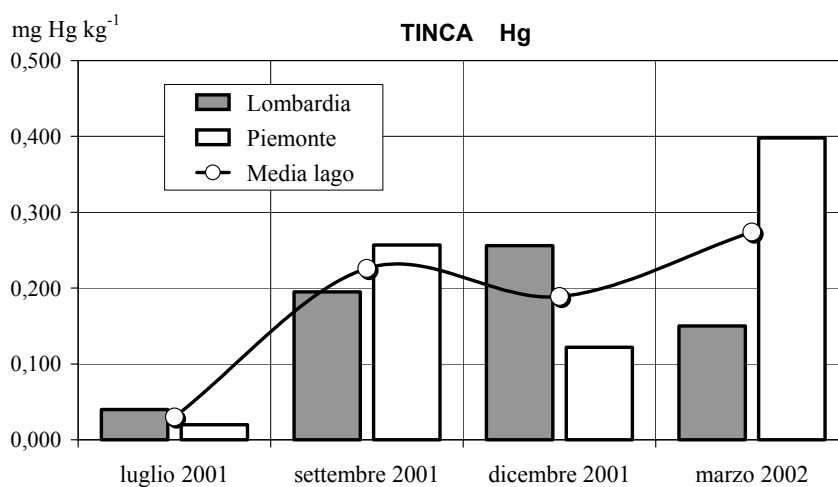
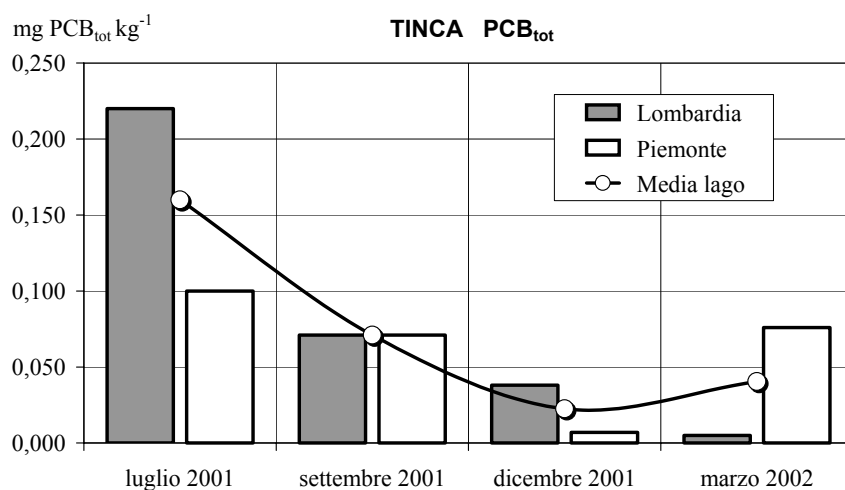
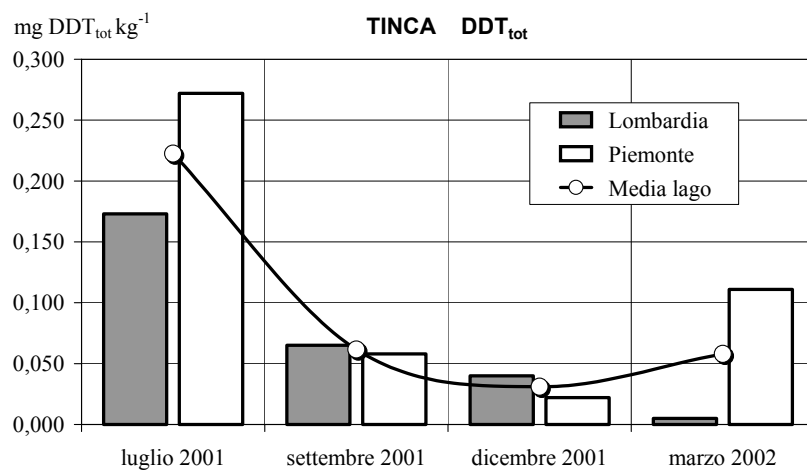


Fig. 7.7. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di tinca costituiti ciascuno da un pool di 10 pesci (solo parte edibile)

8. CONCLUSIONI

Dalle indagini effettuate sui diversi comparti dell'ecosistema Lago Maggiore durante il primo anno del progetto emergono evidenze molto importanti e utili al fine di delineare il quadro della contaminazione da DDT e da altri composti tossici organici ed inorganici in questo importante ambiente. Il piano di ricerche programmato, inoltre, offre la possibilità di trarre una prima valutazione dell'andamento di tali forme di inquinamento negli ultimi anni, avendo come riferimento i risultati ottenuti nell'indagine condotta nel 1998. Al riguardo, va subito segnalato che i risultati delle ricerche condotte nel successivo biennio 1999-2000 in maniera autonoma dai vari laboratori coinvolti nelle presenti ricerche, avevano permesso di evidenziare un significativo trend in diminuzione della presenza di DDT, soprattutto nel comparto ittico, al punto che i contenuti rinvenuti nel 2000 indicavano un dimezzamento delle concentrazioni misurate nel 1996.

Al contrario, all'inizio della primavera del 2001, si è assistito a una imponente ripresa della contaminazione di DDT sia nei pesci che nei molluschi. Considerato il fatto che la produzione dell'insetticida è stata bloccata sin dal 1996, tale impennata si ritiene possa trovare una giustificazione nei particolari eventi meteorologici dell'ottobre 2000 attraverso due meccanismi che hanno incentivato la presenza del contaminante nell'ambiente lacustre: il trasporto erosivo dal bacino e la risospensione di sedimenti lacustri in aree poco profonde.

Qui di seguito, per ciascuno dei comparti dell'ecosistema presi in considerazione, vengono sinteticamente delineate le principali conclusioni, che si sono potute raggiungere in questo primo anno di indagini.

Per quanto riguarda i sedimenti lacustri, tra maggio e giugno 2001 sono state raccolte carote in 26 stazioni nel bacino delle Isole Borromee (Baia di Pallanza) e in 7 stazioni lungo l'asse principale del Lago Maggiore. Attraverso la loro datazione con metodi radiometrici e tramite conteggio e riconoscimento delle diatomee è stato possibile individuare alla superficie della maggior parte delle carote la componente più leggera dell'enorme massa di detrito fine trasportata dai tributari al lago nel corso dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000. Tale materiale si estende su buona parte del bacino Borromeo con uno spessore anche superiore ai 20 cm. Al di sotto di tale strato e nelle aree meno interessate dall'evento, il materiale sedimentario è più regolare e il tasso di sedimentazione varia tra 0,5 e 2,6 cm a⁻¹ nel bacino Borromeo, e tra 0,2 e 1,3 cm a⁻¹ nel bacino principale del Lago Maggiore.

La fase dei campionamenti, estesa a diverse situazioni morfologiche dei fondali nell'intero lago, ha anche permesso di constatare che diverse carote risultavano mancanti di una parte più o meno cospicua di sedimento recente. Le zone con simili caratteristiche riguardano essenzialmente aree caratterizzate da pendenza elevata del fondale. Esse sono pertanto inadatte alla raccolta del sedimento, così come risultano non idonei i fondali principalmente interessati dalla deposizione di materiali trasportati dai tributari, quali quelli del bacino di Locarno, che risentono dell'influenza del Ticino e del Maggia, e quelli ubicati nella porzione occidentale del bacino Borromeo (Baveno e Suna), a causa di rilevanti apporti di particellato e torbide dal Toce. Su questa base si è quindi potuto procedere alla scelta delle aree relativamente omogenee dove verranno prelevate le carote nei prossimi anni.

L'ottima riproducibilità tra le carote dei profili delle abbondanze delle diatomee ha infine permesso di stimare con precisione i tassi di sedimentazione e di datare in modo accurato il sedimento superficiale (primi 30-40 cm), elementi questi di grande rilievo nella definizione della dinamica spaziale e temporale dell'inquinamento.

A tale proposito è stato rilevato come la contaminazione da DDT nella Baia di Pallanza presenti due differenti andamenti delle sue concentrazioni nei sedimenti superficiali: (a) tenori decrescenti dalla foce del Toce al centro lago; (b) contenuti distribuiti "a campana" lungo

ogni transetto che collega le due sponde della baia, con i massimi che si collocano al centro e con i valori più bassi in prossimità delle rive. Nelle carote raccolte in questa zona, oltre ai picchi di DDT relativi al 2000 e al 1992-93, si osservano quelli degli anni 1996-97 e 1990-91. E' da notare che il picco riguardante il 1997 è presente soltanto nelle carote centrali della baia, vale a dire la probabile direzione preferenziale della diffusione dell'inquinante in quel periodo. I PCBs totali risultano praticamente assenti tranne che in due carote raccolte di fronte a Baveno e Pallanza, dove comunque si raggiungono massimi di concentrazione di PCBs totali piuttosto contenuti, inferiori a 50 ng g^{-1} .

Per quanto riguarda i DDTs nei sedimenti raccolti lungo l'asse principale del lago, le maggiori concentrazioni si sono riscontrate nella parte meridionale, con picchi di DDT risalenti al 2000, al 1993 e al 1982-84, mentre anche la contaminazione da PCBs non può essere ritenuta trascurabile. La carota campionata al centro del lago è caratterizzata da un picco di DDT dovuto alla piena del 2000 ed un altro evento agli inizi degli anni '90; l'inquinamento da PCBs è invece piuttosto limitato anche se in aumento negli anni recenti.

Le carote raccolte nella parte settentrionale del lago evidenziano livelli di DDT totale generalmente più bassi, ma con valori corrispondenti agli inizi degli anni '90 che dimostrano come la contaminazione della Baia di Pallanza abbia raggiunto anche questo bacino per effetto del trasporto del particolato fine operato dalle correnti. In queste carote raccolte ad elevate profondità sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT; ciò induce a ritenere che non vi siano fonti locali di contaminazione, ma che si tratti del trasporto di particolato già parzialmente sottoposto a fenomeni di degradazione. La contaminazione da PCBs e insetticidi organoclorurati è invece in questa parte del lago trascurabile.

In merito ai microinquinanti metallici, le zone di accumulo preferenziali nella Baia di Pallanza sono quelle più litorali, dove tende a depositarsi il materiale più fine e ricco di sostanza organica, rispetto a quelle più centrali e/o di diretta influenza del materiale alloctono grossolano trasportato dal Toce. In queste aree le concentrazioni di arsenico, mercurio e in parte di rame e cadmio, potrebbero quindi costituire un potenziale rischio per gli organismi acquatici maggiormente a contatto con il sedimento o per i predatori. Gli apporti dei contaminanti derivanti dal dilavamento del bacino sono sia di tipo recente (2000) che risalenti al decennio precedente (1997 e 1990).

Lungo la direttrice Nord-Sud del lago si osservano concentrazioni crescenti per tutti gli elementi, passando dai bassi valori di Brissago a concentrazioni molto alte nelle zone di bassa sedimentazione in centro lago (Ghiffa) e/o in aree interessate da dinamiche di trasporto verso l'emissario del lago nel bacino meridionale, senza tuttavia raggiungere i livelli misurati negli anni settanta.

Per quanto riguarda gli apporti dai tributari, sulla base dei risultati dell'anno in studio e del loro confronto con quelli ottenuti nel 1998 si possono trarre le seguenti considerazioni:

- La concentrazione media dei DDT totali in fase disciolta nel Toce è circa un quarto di quella del 1998. Anche la componente di carico associata al particolato si è ridotta più o meno nella stessa proporzione. Inoltre, mentre nel 1998 il composto parentale era presente in concentrazioni apprezzabili in tutti i campioni del Toce sia in fase disciolta che nel particolato in sospensione, nel 2001/02 compare in soli due dei dodici campioni esaminati.
- La concentrazione media nel Ticino immissario ($0,33 \text{ ng l}^{-1}$) nella fase disciolta è del tutto analoga a quella del 1998 ($0,34 \text{ ng l}^{-1}$) mentre quella del Ticino emissario ($0,20 \text{ ng l}^{-1}$) è solo di poco inferiore a quella del 1998 ($0,31 \text{ ng l}^{-1}$). Questa condizione fa pensare a una relativa stabilità del sistema lacustre per quanto riguarda la frazione disciolta dei DDTs.

- Per i fiumi di minore portata si può osservare una maggiore contaminazione del Verzasca rispetto al 1998. Nella media del periodo gioca tuttavia un ruolo notevole il dato di dicembre 2001 (5,8 ng l⁻¹ di pp'DDE nel disciolto), che essendo accompagnato anche dalla presenza di PCB, fa pensare a un rilascio dovuto a lavori di manutenzione sulla diga. Per il Bardello la situazione è simile al 1998, mentre per Tresa, Margorabbia e Maggia si osserva una leggera diminuzione.

Sulla base delle analisi effettuate sui sedimenti raccolti alla foce dei tributari si è evidenziato che il Maggia è senz'altro il meno contaminato perchè caratterizzato da concentrazioni di DDT, HCH, HCB e PCBs che possono essere considerate di fondo, vale a dire caratteristiche di ambienti appena disturbati da una scarsa ricaduta atmosferica di composti organoclorurati. Valori, leggermente superiori di tali composti, seppure assai contenuti, si osservano per il Margorabbia.

Il Tresa e il Verzasca sono invece caratterizzati da contenuti non trascurabili di DDTs. La leggera alterazione riscontrata nella carota raccolta alla foce del Tresa, che è risultata associata alla presenza di un sensibile arricchimento in carbonio organico del sedimento, è probabilmente da ricollegare a quella già messa in luce nel bacino di Tresa del Lago di Lugano dal quale ha origine il fiume. La contaminazione dei sedimenti fluviali del Verzasca dovrà essere invece chiarita nelle prossime indagini anche per valutarne le possibili origini, considerato il fatto che la presenza di composti organoclorurati delle due carote raccolte nel bacino lacustre artificiale del Verzasca, a monte della foce, è risultata decisamente modesta.

Come largamente atteso, i sedimenti raccolti alla foce del Toce presentano contenuti di DDT totale più alti di tutti tributari, mentre quelli degli altri composti organoclorurati risultano assai modesti. Tra i DDTs analizzati, risulta prevalente il pp'DDT a conferma della presenza nel bacino di sorgenti latenti che si attivano soprattutto in occasione di eventi meteorologici rilevanti o estremi che vanno ad interessare gli alvei dello stesso fiume e del T. Marmazza, nonché suoli e sottosuoli all'interno dell'insediamento industriale di Pieve Vergonte e nelle zone limitrofe.

I campioni di sedimento del Ticino emissario evidenziano come il DDT accumulato nel Lago Maggiore venga trasportato in uscita dal lago nell'emissario e sia quindi disponibile per un ulteriore trasporto da qui al Fiume Po. Anche per i PCBs i livelli sono piuttosto elevati. Come si è visto, quest'ultima contaminazione non è tuttavia da imputare al Toce, ma va ricercata in altre sorgenti probabilmente costituite da apporti al lago di scarichi urbani ed industriali attraverso l'insieme delle acque tributarie.

Nel caso delle deposizioni atmosferiche, i risultati relativi al carico annuale dei DDTs rivelano che la stazione di Pallanza, tra le quattro considerate, è la più compromessa probabilmente per la sua vicinanza alle sorgenti di emissioni in atmosfera degli inquinanti. Essa è infatti caratterizzata da un carico di DDT totale circa quattro volte superiore a quello dell'Alpe Devero e da 6 a 8,5 volte superiore a quello riscontrato rispettivamente nelle stazioni di Locarno e Robiei, in Svizzera. Tra gli altri organoclorurati predomina la presenza del gamma isomero dell'HCH, il lindano, considerato il più volatile tra i composti omologhi analizzati. Il suo carico annuale è simile nelle stazioni di Pallanza e Locarno, che presentano apporti doppi rispetto alla stazione del Devero, mentre i carichi più alti, pari a tre volte, si sono misurati nella stazione ad alta quota di Robiei. Tale fatto potrebbe essere spiegato con l'arricchimento causato dalla ricondensa dei composti organoclorurati che è dimostrato possa verificarsi a quote elevate. Nelle stazioni di Pallanza e Robiei si sono riscontrati carichi di PCBs pressochè analoghi, mentre i valori inferiori, pari rispettivamente alla metà e a un terzo, riguardano le stazioni del Devero e di Locarno. La stessa distribuzione si è accertata anche per gli apporti di HCB.

Molto utili al fine di verificare la situazione ambientale sono i dati ottenuti sui vari gruppi di organismi presi in esame, vale a dire uova di svasso, molluschi e pesci. In particolare, il confronto dei dati medi dei DDT totali nelle uova di svasso maggiore raccolte a Fondotoce nel 2001 e nel 1998 sembra dimostrare una situazione abbastanza stabile per la contaminazione di questi predatori terminali. La contaminazione da pp'DDE, che rappresenta circa il 98% della somma dei composti omologhi sia nei campioni del 1998 che in quelli del 2001, è risultata sostanzialmente identica in questi due anni con valori pari a $22,0 \text{ mg kg}^{-1}$ di peso secco. Il rapido metabolismo del pp'DDT negli uccelli e nelle prede di cui si nutrono è la causa della scarsa presenza del composto parentale fin dal 1998. Non è possibile quindi in questo caso utilizzare il rapporto tra composto parentale e metaboliti per risalire alle sorgenti di contaminazione dal punto di vista temporale.

Al contrario, i risultati ottenuti per *Dreissena polymorpha*, mollusco filtratore, hanno messo in evidenza un nuovo evento contaminante legato molto probabilmente all'inondazione avvenuta nell'autunno 2000. I livelli di DDT totali rilevati nei mesi primaverili del 2001 a Baveno e Pallanza (Villa Taranto) hanno infatti superato i valori della precedente campagna di biomonitoraggio effettuata nell'aprile-giugno 1998, quando sono state riscontrate concentrazioni pari a $1644-1807 \text{ ng g}^{-1}$ di lipidi all'interno della baia ed a $854-936 \text{ ng g}^{-1}$ nella stazione di campionamento di Pallanza (Villa Taranto). La probabile origine legata all'inondazione è dovuta al fatto che in tutti i mesi campionati (aprile-ottobre 2001) si è rilevata una concentrazione di DDD (sia pp' che op') molto elevata, tanto che in alcuni mesi risulta essere il composto omologo maggiormente presente. Come indicato in letteratura, infatti, le condizioni riducenti che si instaurano durante un evento di piena o in un'inondazione determinano la trasformazione del composto parentale in DDD piuttosto che nell'altro metabolita DDE. Inoltre, tra giugno e luglio nella stazione di Baveno e tra maggio e giugno in quella di Villa Taranto, si è verificato un brusco calo delle concentrazioni dei DDTs in *Dreissena polymorpha* dovuto all'emissione dei gameti che determina una sorta di purificazione dell'animale, in quanto vengono contemporaneamente eliminate le sostanze lipofile contenute nei suoi tessuti molli. Al fine di confermare tale ipotesi di stagionalità delle concentrazioni e di capire il reale grado di contaminazione degli areali indagati, le indagini continueranno su scala mensile nelle due stazioni di Pallanza e Villa Taranto anche per il 2002-2003, rinviando così ad anni successivi il previsto mappaggio esteso all'intero lago dei contenuti di DDTs in *Dreissena*.

Informazioni analoghe per quanto riguarda il DDTs sono state anche ottenute dalle indagini sulle diverse specie ittiche prese in considerazione. Anche per questo comparto ambientale, infatti, negli anni passati, dal 1996 al 2000, si era assistito ad una progressiva diminuzione dei contenuti nelle parti edibili.

Tuttavia, nel campionamento del luglio 2001 le concentrazioni riscontrate sono tornate sui valori simili a quelli del 1996. Anche in questo caso è ragionevole ritenere che un tale incremento sia probabilmente legato agli eventi di piena dell'ottobre 2000, che nei mesi successivi all'alluvione hanno avuto un sensibile impatto negativo sulla qualità delle acque lacustri. Infatti, al consueto carico inquinante si sono allora aggiunti gli apporti derivanti dall'erosione degli alvei e dal drenaggio dei suoli verificatesi a seguito dell'allagamento di vaste aree urbane, industriali ed agricole limitrofe alle sponde lacuali e ai tratti terminali del Fiume Toce e di numerosi altri tributari. E' altresì evidente come alla torbida veicolata dai corsi d'acqua fosse associata una ingente quantità di particolato inorganico e organico a granulometria fine che in parte si è laminato sulla superficie lacustre, in parte si è infiltrato al di sotto del termoclinio sino ad incontrare strati compatibili per temperatura e densità. La persistenza nel lago di questi materiali, sui quali trovano facile adsorbimento molti microinquinanti inorganici ed organici liberati dagli alvei e dai suoli contaminati, si è estesa

notevolmente nel tempo, interessando essi dapprima gli strati d'acqua più superficiali e diffondendosi poi lentamente durante i mesi successivi in quelli più profondi. Ciò ha verosimilmente comportato per la massa idrica un ulteriore arricchimento in DDT che, in maggiore quantità e per diversi mesi, si è reso così disponibile accumulandosi nelle riserve lipidiche dei pesci e degli organismi filtratori.

È comunque da sottolineare come nei campionamenti successivi si sia osservata in tutte le specie ittiche una consistente riduzione del DDT nella parte edibile, tanto che nei campioni raccolti nel dicembre 2001 e marzo 2002 si sono riscontrati per lavarello, persico, scardola e tinca cali fino a concentrazioni medie al di sotto di $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$. La ragione di tale diminuzione è tuttora da verificare, così come l'ipotesi sopra formulata degli effetti della piena, poichè nel maggio 2002 si è verificato un altro evento alluvionale che potrà produrre gli eventuali effetti di aumento di concentrazione nei pesci in mesi successivi.

D'altra parte, le indagini future consentiranno di verificare se gli andamenti stagionali osservati nel 2001 siano da porre in relazione ai cicli biologici delle diverse specie, così come ipotizzato nelle dreissene. Allo stesso modo si potrà accertare anche la reale significatività delle differenze di contenuto dei diversi contaminanti analizzati che, al momento, sembrano indicare una contaminazione più pronunciata delle specie ittiche litorali prelevate nella porzione piemontese del lago rispetto a quelle campionate nella parte lombarda.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti organici, sono da sottolineare le concentrazioni dei PCBs che seguono gli stessi andamenti stagionali del DDT con tenori piuttosto alti durante il campionamento del luglio 2001. Anche per questi composti è evidente che le future ricerche dovranno essere mirate a valutarne l'effettiva consistenza anche in rapporto alle concentrazioni nei pesci prelevati in aree diverse del Lago Maggiore.

Infine, nonostante non fosse previsto dal programma originario, le ricerche sui pesci hanno altresì preso in considerazione il contenuto di mercurio nella parte edibile delle specie considerate. Le concentrazioni misurate si mantengono significativamente al di sotto dei limiti fissati dalla legislazione dei due Paesi per la commestibilità ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$), anche se i valori mediamente riscontrabili impongono una attenzione costante e un vigilante controllo anche su questo inquinante.

9. ELENCO DEGLI AUTORI E DEGLI ESECUTORI DELLE RICERCHE

Barbieri A.	UPDA–SPAAS, Bellinzona
Bertola M.R.	ARPA Dipartimento Provinciale di Novara
Bielli E.	ARPA Dipartimento Provinciale di Novara
Binelli A.	Università degli Studi di Milano. Dipartimento di Biologia. Sezione Ecologia
Calderoni A.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Camusso M.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Charikleia B.	Università degli Studi dell’Insubria. Polo di Como. Dip. di Scienze CC.FF.MM.
de Bernardi R.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
De Paolis A.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Galassi S.	Università degli Studi dell’Insubria. Polo di Como. Dip. di Scienze CC.FF.MM.
Guilizzoni P.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Guzzella L.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Lami A.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Langone L.	CNR Istituto di Geologia Marina, Bologna
Marchegiano C.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Marchetto A.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Mosello R.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Pranzo A.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Ricciardi F.	Università degli Studi di Milano. Dipartimento di Biologia. Sezione Ecologia
Roscioli C.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Volta P.	Università degli Studi dell’Insubria. Polo di Como. Dip. di Scienze CC.FF.MM.

RESPONSABILE DELLE RICERCHE R. de Bernardi
COORDINATORE DELLE RICERCHE A. Calderoni

