

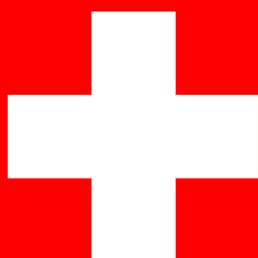
Commissione internazionale
per la protezione delle acque italo-svizzere

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

**RAPPORTO ANNUALE
APRILE 2005 – MARZO 2006**

a cura di P. Guilizzoni & A. Calderoni

Pallanza 2006



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 2005 – MARZO 2006**

Edito a cura di P. Guilizzoni e A. Calderoni

Pallanza 2006

INDICE

1. PRESENTAZIONE	5
<i>(P. Guilizzoni)</i>	
2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI	8
<i>(S. Galassi, P. Volta & C. Neri)</i>	
3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI	13
3.1. Campionamento, preparazione dei campioni per le analisi di DDT e correlazione tra carote mediante studio diatomologico	13
<i>(A. Marchetto, P. Guilizzoni, A. Lami & S. Musazzi)</i>	
3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore	16
<i>(L. Guzzella, M. Camusso, A. Gasparella, D. Moioli, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI	28
<i>(L. Guzzella, D. Moioli, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
5. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE	40
<i>(L. Guzzella, D. Moioli, C. Roscioli, A. De Paolis, R. Mosello, M. Veronesi, A. Barbieri & A. Pranzo)</i>	
6. MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DA DDT NEL LAGO MAGGIORE MEDIANTE L'ANALISI DI ORGANISMI INDICATORI	50
6.1. Biomonitoraggio con molluschi bivalvi	50
<i>(A. Binelli & C. Riva)</i>	
6.2. Biomonitoraggio con uova di Svasso maggiore	55
<i>(S. Galassi, N. Saino & G. Melone)</i>	
6.3. Indagini sul comparto ittico	58
<i>(M.R. Bertola & E. Bielli)</i>	
7. CONCLUSIONI	72
<i>(P. Guilizzoni, A. Calderoni & R. de Bernardi)</i>	

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 Pierisa Panzani per la preziosa assistenza fornita durante tutte le fasi del presente lavoro e Stefano Vanetti per il valido supporto tecnico nelle operazioni di campagna.

1. PRESENTAZIONE

Le ricerche condotte dall'aprile 2005 al marzo 2006 non chiudono come era stato inizialmente pianificato il ciclo quinquennale di studi sulla distribuzione del DDT nel Lago Maggiore poiché la Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere ha deciso di prolungare di un altro anno gli studi di monitoraggio che si concluderanno quindi nel marzo del 2007.

L'attività di ricerca dell'ultimo anno ha confermato certe tendenze già evidenziate nel corso degli ultimi anni e apportato elementi di novità soprattutto a carico degli organismi indicatori e dei sedimenti dei tributari. Fatta eccezione per un periodo breve di intense precipitazioni durante il mese di novembre 2005, in quest'ultimo anno non vi sono stati particolari eventi meteorologici tali da determinare come avvenuto più volte nel passato, un impulso all'aumento delle concentrazioni di contaminanti in lago soprattutto nelle biocenosi e nei sedimenti profondi.

Lo studio è proseguito secondo gli obiettivi a suo tempo delineati mediante le analisi dei medesimi contaminanti, pesticidi, composti organoclorurati e metalli nei vari comparti dell'ecosistema.

La cronistoria della contaminazione del Lago Maggiore, origine e diffusione del DDT è stata riportata più volte nei precedenti rapporti e a quelli si rimanda per una loro più completa analisi del fenomeno.

Nell'ultimo anno non si sono completati gli ulteriori interventi di bonifica del sito contaminato di Pieve Vergonte, sorgente principale della contaminazione da DDT, e pertanto rimane forte la preoccupazione per un ulteriore possibile inquinamento del lago qualora si dovessero verificare precipitazioni intense e prolungate.

La distribuzione ed abbondanza di DDT insieme ad altre importanti tematiche quali la presenza di PCB e di microinquinanti metallici, sono stati ulteriormente indagati e sviluppati in questo quinto rapporto annuale durante il quale le ricerche hanno riguardato i seguenti campi d'indagine:

Acque lacustri: analisi DDT, HCB e altri insetticidi organoclorurati in tre stazioni (Ghiffa, Pallanza, Lesa) dalla superficie al fondo e su campioni epi- ed ipolimnici integrati.

Sedimenti lacustri: raccolta carote e preparazione subcampioni in funzione della velocità di sedimentazione, datazione mediante studio diatomologico e confronto con carote precedentemente datate con metodi radiometrici; analisi DDT, esaclorobenzene, altri insetticidi organoclorurati, mercurio, arsenico, rame e cadmio.

Sedimenti dei tributari: analisi DDT, PCBs, lindano ed isomeri, HCB e altri insetticidi organoclorurati su sedimenti raccolti alla foce dei principali tributari e all'incile del lago sull'emissario.

Precipitazioni atmosferiche: raccolta di campioni ponderati settimanali in due stazioni italiane (Pallanza e Devero) e svizzere (Locarno e Robiei) e relative analisi di DDT, PCBs, lindano ed isomeri, HCB e altri insetticidi organoclorurati.

Organismi indicatori: analisi di DDT su molluschi (*Dreissena polymorpha*) raccolti prevalentemente nel Bacino Borromeo e nella zona centrale del Verbano, vale a dire nelle aree che erano risultate maggiormente contaminate durante le precedenti campagne di monitoraggio. Inoltre, sono state effettuate analisi di DDT e PCB in uova di Svasso maggiore raccolte sul Lago Maggiore (Fondotoce).

Indagini sul comparto ittico: analisi DDT, PCBs, HCB, mercurio su 7 specie ittiche (agone, bondella, lavarello, pesce persico, cavedano, scardola, tinca) catturate stagionalmente nelle acque piemontesi e lombarde del lago.

Attività di coordinamento delle indagini: formulazione di rapporti informativi di aggiornamento sullo stato di avanzamento delle ricerche; organizzazione, stesura e redazione del rapporto conclusivo d'intesa con gli incaricati degli studi.

Gli esecutori delle ricerche sopra elencate sono riassunti nel seguente prospetto:

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
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 di Milano, Dip. di Biologia
Gasparella A.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
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
Marchetto A.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Melone G.	Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia
Moioli D.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Mosello R.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Musazzi S.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Neri C.	Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia
Pranzo A.	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Riva C.	Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Biologia, Sezione Ecologia
Roscioli C.	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Saino N.	Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia
Veronesi M.	UPDA-SPAAS, Bellinzona
Volta P.	Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia

I risultati delle precedenti campagne iniziate nel 1996 sono riportati nei rapporti elencati qui di seguito ai quali si rimanda per una dettagliata analisi sulla distribuzione di DDT e altri contaminanti.

Bibliografia essenziale

- Calderoni, A. 2000. Attività della Commissione nel quadriennio 1996-1999 e sintesi dei principali risultati delle indagini sul DDT nel comparto ittico del Lago Maggiore. In: Ricerche ed attività della Commissione italo-svizzera sulla pesca nel quadriennio 1996-1999. Ed. Commissione italo-svizzera sulla pesca, 3: 5-17.
- Calderoni, A., A. Caprioglio & R. de Bernardi. 1996. *Sintesi dell'attività svolta. Risultati ottenuti e programmi di studio ed intervento*. Comitato tecnico-scientifico interministeriale ed interregionale "Emergenza DDT nel Lago Maggiore": 61 pp.
- Ceschi, M., M. De Rossa & M. Jäggi. 1996. Contaminanti organici, inorganici e radionuclidi nell'ittiofauna dei laghi Ceresio e Verbano (bacini svizzeri). *Trav. Chim. Aliment. Hyg.*, 87: 189-211.
- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 81 pp.

- CIPAIS. 2002. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2001 – marzo 2002*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIPAIS. 2003. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2002 – marzo 2003*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIPAIS. 2004. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2003 – marzo 2004*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 78 pp.
- CIPAIS. 2005. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2004 – marzo 2005*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 76 pp.

2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI

I campionamenti sono stati eseguiti nel corso del mese di luglio 2005 in tutte tre le stazioni di Ghiffa, Pallanza e Lesa mentre nei primi giorni di gennaio 2006 i campionamenti sono stati effettuati nella sola stazione di Ghiffa.

Gli isomeri degli esaclorocicloesani (alfa- e gamma- HCH) e l'HCB sono stati determinati solamente nella frazione disciolta sui campioni integrati (Tabelle 2.1 e 2.2) in quanto in quella particolata le concentrazioni risultavano al di sotto del limite di detezione dello strumento ($0,05 \text{ ng l}^{-1}$). L'HCB ha mostrato concentrazioni molto basse sempre prossime a $0,05 \text{ ng l}^{-1}$ o addirittura inferiori. L'isomero α - HCH è stato misurato in concentrazioni maggiori in inverno ($0,27 \text{ ng l}^{-1}$ nel gennaio 2006) mentre l'isomero γ - HCH aveva concentrazioni maggiori ($0,26 \text{ ng l}^{-1}$) nel campione di luglio 2005. Il confronto con i valori misurati nel corso del 2004-2005 ha evidenziato un leggero decremento nelle concentrazioni degli isomeri alfa e gamma. Per quanto riguarda invece l'HCB, rispetto all'anno precedente, non si sono notate sostanziali variazioni nella stagione estiva mentre nella stagione invernale vi è stato un leggero incremento nelle concentrazioni.

Tabella 2.1. Esaclorocicloesani (ng l^{-1}) nei campioni integrati (superficie-fondo) di luglio 2005 (frazione disciolta).

	α -HCH	HCB	γ -HCH
Ghiffa	0,13	<0,05	0,26
Pallanza	0,15	<0,05	0,26
Lesla	<0,05	<0,05	<0,05

Tabella 2.2. Esaclorocicloesani (ng l^{-1}) nei campioni integrati (superficie-fondo) di Ghiffa nel gennaio 2006 (frazione disciolta).

	α -HCH	HCB	γ -HCH
0-30	0,27	0,06	0,11
50-350	0,14	0,05	0,17

Per quanto riguarda i DDT, in tutti i singoli campioni di luglio 2005 e per i soli campioni integrati di gennaio 2006 le concentrazioni erano a livelli talmente bassi da non essere rilevabili. Per quanto riguarda la ripartizione tra la frazione disciolta (D) e quella particolata (P), nella maggior parte dei casi la contaminazione risulta più elevata nella frazione disciolta.

Relativamente al composto parentale pp'DDT (Tabella 2.3), le concentrazioni massime sono state misurate nel mese di luglio 2005 mentre nel gennaio 2006 sono risultate al di sotto del limite di detezione dello strumento. Per Lesa e Pallanza sui singoli campioni non sono mai state misurate concentrazioni al di sopra del limite di detezione. Nei campioni integrati invece le concentrazioni misurate sono state leggermente superiori al limite ($0,01 \text{ ng l}^{-1}$). A Pallanza (campione integrato 0-150 metri) le concentrazioni sono state di $0,10 \text{ ng l}^{-1}$ per il pp'DDE, $0,11 \text{ ng l}^{-1}$ per il pp'DDD e $0,04 \text{ ng l}^{-1}$ per il pp'DDT. A Lesa (campione integrato 0-100 metri) si sono misurate concentrazioni inferiori e cioè di $0,01 \text{ ng l}^{-1}$ per il pp'DDE, $0,02 \text{ ng l}^{-1}$

per il pp'DDD e 0,02 ng l⁻¹ per il pp'DDT. Rispetto al 2004 la contaminazione da pp'DDT sembra tendenzialmente diminuita sia a Ghiffa che nelle altre due stazioni. Questo sembra trovare spiegazione nel fatto che nell'ultimo anno non si sono registrati fenomeni piovosi di notevole entità tali da smuovere i sedimenti profondi contaminati dal Fiume Toce e in generale dal bacino imbrifero, oltre che nella naturale degradazione e diminuzione del composto parentale.

Tabella 2.3. pp'DDT e suoi metaboliti (ng l⁻¹) nei campioni d'acqua di Ghiffa del luglio 2005 (frazione disciolta).

Profondità	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
0	0,07	0,11	<0,01
-5	0,05	<0,01	<0,01
-10	0,1	<0,01	0,05
-20	0,06	0,07	0,03
-30	0,12	0,09	0,08
-50	0,09	0,14	0,04
-100	0,09	0,07	0,06
-150	0,05	0,11	0,01
-200	0,06	0,04	0,03
-250	0,17	0,11	0,06
-300	0,03	0,08	<0,01
-350	0,08	<0,01	0,03
media	0,08	0,09	0,04

Tabella 2.4. Valori della concentrazione (ng l⁻¹) di DDT e metaboliti a Ghiffa nel gennaio 2006 (frazione disciolta).

Profondità	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
0	0,56	<0,05	<0,05
-5	0,30	<0,05	<0,05
-10	0,29	<0,05	<0,05
-20	0,34	<0,05	<0,05
-30	2,49	<0,05	<0,05
-50	0,20	<0,05	<0,05
-100	0,43	<0,05	<0,05
-150	0,30	<0,05	<0,05
-200	0,05	<0,05	<0,05
-250	0,05	<0,05	<0,05
-300	0,05	<0,05	<0,05
-350	2,21	<0,05	<0,05
media	0,61	<0,05	<0,05
Integrato 0-30	0,84	0,06	0,02
Integrato 50-350	0,55	0,07	0,03

Il pp'DDE risulta essere il principale contaminante tra i composti omologhi del DDT. Si sono osservati andamenti abbastanza simili, anche se di entità differente in entrambi i campionamenti, con un picco pronunciato al livello di termoclinio ed uno altrettanto pronunciato più in profondità: a 250 metri in estate e in prossimità del fondo in inverno (Fig. 2.1 e Fig. 2.2). Il picco in corrispondenza del termoclinio è un dato comune anche rispetto ai campionamenti passati ed è spiegabile con la sedimentazione del particolato, la sua decomposizione e il conseguente rilascio dei composti accumulati.

Per quanto riguarda i picchi profondi, quello più vicino al fondo è spiegabile dal rilascio di contaminante dei sedimenti, mentre quello intorno a 250 metri è con tutta probabilità dovuto al rilascio di contaminante da parte di materiale in sospensione già presente nell'ipolimnio prima della stratificazione termica estiva.

Per quanto riguarda la stazione di Ghiffa (Tabella 2.4), stazione maggiormente rappresentativa del bacino lacustre, il confronto con il precedente periodo ha messo in evidenza un decremento della contaminazione da pp'DDE nei mesi estivi (0,08 ng l⁻¹ contro 0,15 ng l⁻¹ nel luglio 2004) ma un netto incremento nei mesi invernali (0,61 ng l⁻¹ contro 0,32 ng l⁻¹ del dicembre 2004). Va precisato, tuttavia, che il campionamento del 2006 è stato posticipato di circa un mese rispetto agli altri anni e potrebbe aver risentito degli apporti dovuti alle deposizioni nevose dell'inverno 2005/2006 o anche del rilascio del contaminante da parte del particolato alla fine della stagione di massima attività biologica.

Le analisi effettuate hanno messo in luce che anche l'altro metabolita del pp'DDT, il pp'DDD, era presente nelle acque lacustri durante il campionamento estivo mentre risultava assente nel campione invernale di Ghiffa. Questo composto è generalmente associato al particolato ed è quindi più facilmente rintracciabile sia nei periodi in cui la produttività lacustre è alta sia in seguito a periodi di piovosità più consistente. A conferma di ciò, si può notare che anche nella frazione particolata (Tabella 2.5) di luglio il pp'DDD è ben presente in tutte e tre le stazioni e con concentrazioni maggiori rispetto al pp'DDE e al composto parentale pp'DDT. Nel campione di gennaio (Tabella 2.6) a causa della bassa produttività lacustre anche il pp'DDD era al di sotto del limite di rivelabilità.

Tabella 2.5. Valori della concentrazione (ng l⁻¹) di DDT e metaboliti nella frazione particolata nel luglio 2005.

	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
Ghiffa	0,02	0,05	0,01
Pallanza	0,04	0,07	0,01
Lesna	0,02	0,05	0,01

Tabella 2.6. Valori della concentrazione (ng l⁻¹) del DDT e dei metaboliti nella frazione particolata del campione di Ghiffa di gennaio 2006.

	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
Ghiffa	<0,01	<0,01	<0,01

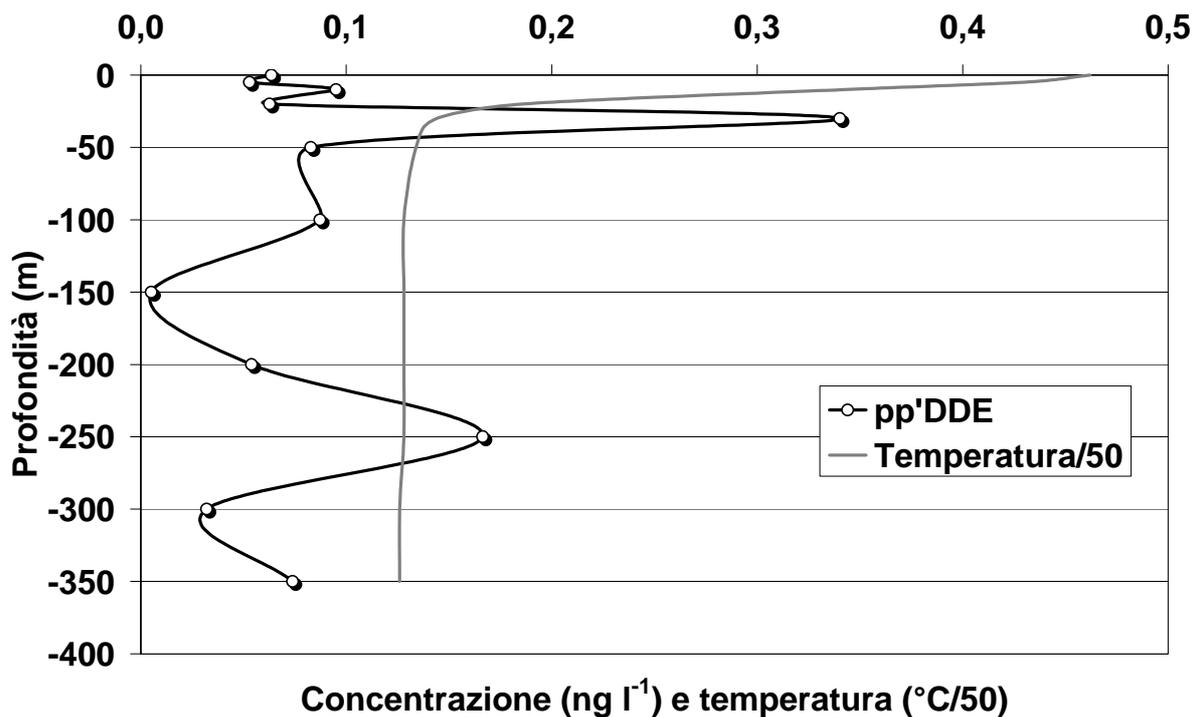


Figura 2.1. Andamento della concentrazione di pp'DDE e della temperatura a Ghiffa nel luglio 2005.

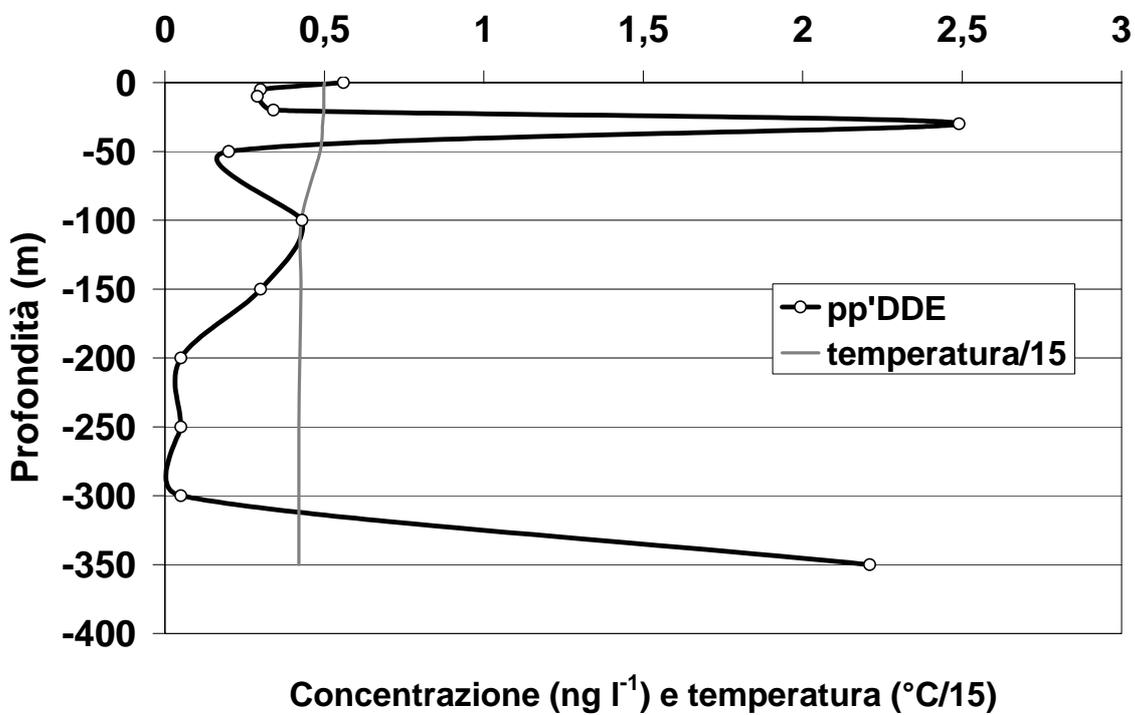


Figura 2.2. Andamento della concentrazione di pp'DDE e della temperatura a Ghiffa nel gennaio 2006.

Nel corso degli anni di campionamento la concentrazione del composto parentale pp'DDT sembra essere diminuita, mentre il suo metabolita stabile pp'DDE si è dimostrato più persistente facendo registrare anche nell'ultimo campionamento concentrazioni del tutto paragonabili a quelle del 2003. Le variazioni osservate sono verosimilmente dovute agli apporti dal bacino imbrifero, alla circolazione interna delle acque e ai fenomeni di accumulo e rilascio, soprattutto ad opera di fitoplancton e batteri. La massima contaminazione nella frazione disciolta si è sempre registrata alla fine della stagione autunnale o all'inizio di quella invernale: i valori medi massimi si sono registrati nel novembre 2003 ($0,81 \text{ ng l}^{-1}$) ma il picco massimo registrato per una singola profondità (30 m) è stato misurato nel gennaio 2006 ($2,49 \text{ ng l}^{-1}$). Per quanto riguarda i DDT totali invece la concentrazione media negli stessi periodi (autunno-inverno) è stata di $1,36 \text{ ng l}^{-1}$, $0,8 \text{ ng l}^{-1}$ e $0,61 \text{ ng l}^{-1}$ rispettivamente nel 2003, 2004 e 2006, mostrando dunque una diminuzione. Tale diminuzione è avvenuta principalmente a carico del pp'DDT e pp'DDD.

Il Decreto N. 367 del 6 novembre 2003 stabilisce “standard di qualità” per le acque di $0,2 \text{ ng l}^{-1}$ per il DDE e il DDT e di $0,3 \text{ ng l}^{-1}$ per il DDD. Dal confronto con tali limiti, che dovrebbero entrare in vigore nel 2008, quello del DDE è stato più volte superato nelle acque del Lago Maggiore anche nel corso dell'ultimo anno di campionamento.

3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI

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

Secondo quanto previsto dal programma annuale, per il Bacino di Pallanza (frequenza di campionamento bi-annuale) sono state campionate le seguenti stazioni (la numerazione fa riferimento al precedente studio del 2001): 13, 16 e 17, mentre per la rimanente parte di lago si è stabilito di campionare una volta l'anno, a settembre-ottobre le aree corrispondenti alle stazioni precedentemente denominate 30b, 32b e 27 (Fig. 3.1.1). I criteri di scelta di tali stazioni sono stati descritti in precedenti relazioni. Il campionamento tardo estivo è stato effettuato il 15 e 16 settembre 2004, mentre quello tardo invernale, per il solo Bacino di Pallanza, il 21 marzo 2005. Per ogni stazione si sono raccolte almeno due carote. Come di consueto le carote sono state tagliate, fotografate e sub-campionate in sezioni di sedimento in funzione della velocità di sedimentazione (Figg. 3.1.2 e 3.1.3). Al fine di datare e correlare le carote di sedimento si sono condotte anche le previste analisi di diatomee sub-fossili e di suscettività magnetica. Infine è stata condotta anche una descrizione litologica. I tassi di sedimentazione relativi a queste carote sono riportati in Tabella 3.1.1.

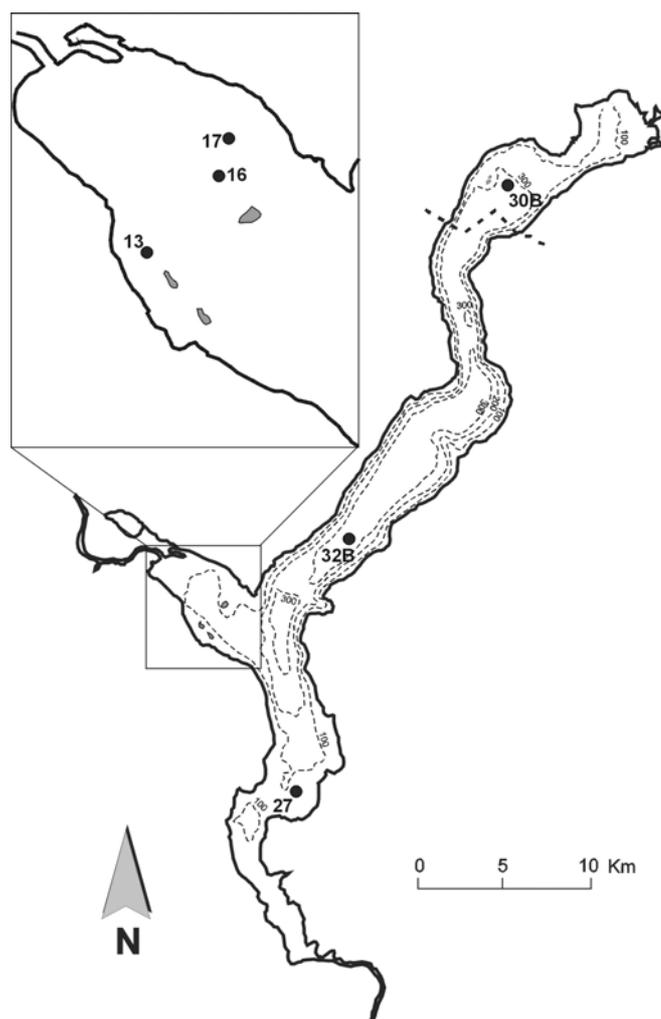


Fig. 3.1.1. Stazioni di campionamento.

LM05/32b/9/1

LM05/30/9/1

LM05/27/9/1

LM05/17/9/1

LM05/16/9/1

LM05/13/9/1



Fig. 3.1.2. Carote di sedimento campionate nel settembre 2005 (Localizzazione in Fig. 3.1.1).

Legenda sigle tipo LM04/27/9/2

04 = anno di prelievo

/27 = numero stazione

/9 = mese di prelievo

/2 = numero carota

LM06/17/3/2

LM06/17/3/1

LM06/16/3/2

LM06/16/3/1

LM06/13/3/2

LM06/13/3/1

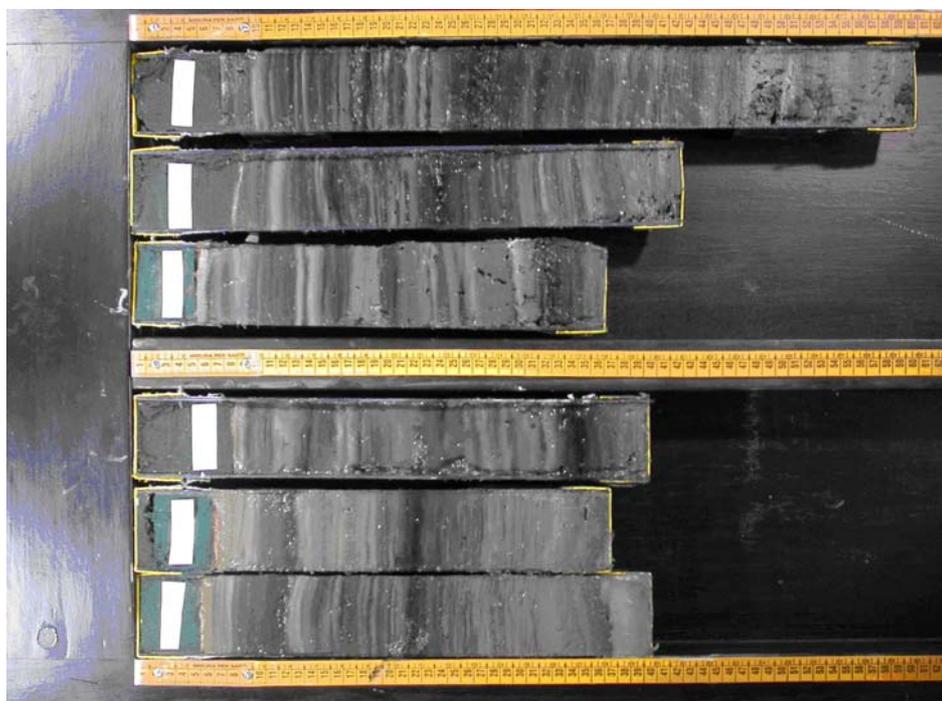


Fig. 3.1.3. Carote di sedimento campionate nel marzo 2006 (Localizzazione in Fig. 3.1.1).

Tabella 3.1.1. Tassi di sedimentazione (cm a^{-1}) delle carote prelevate nel 2005 e 2006. Sono indicate anche le profondità in centimetri nelle carote dei livelli noti di cambiamento dei popolamenti di diatomee (anni 1989 e 1963) e la presenza e spessore della torbida provocata dall'alluvione del 2000.

Evento	Piena 2000			Transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i>			Transizione <i>Cyclotella/Stephanodiscus</i>			
	prof.	spessore	tasso 2000- 2005	cm	tasso 1989- 2005	tasso 1989-2005 escluse torbide	cm	tasso 1963- 2005	tasso 1963- 2005 senza torbide	tasso 1989- 1963
Carota										
LM2006/13/3/1	2,4	0,6	0,63	11	0,69	0,65	16	0,38	0,37	0,19
LM2006/16/3/1	3,2	1,8	0,52	11,5	0,72	0,61	27	0,64	0,60	0,60
LM2006/17/3/1	2,2	0,3	0,48	9	0,56	0,54	21	0,50	0,49	0,46
Carota										
LM2005/13/9/2	3,0	1	0,60	9,5	0,59	0,53	17	0,40	0,38	0,29
LM2005/16/9/2	3,5	0,5	0,70	14	0,88	0,84	29	0,69	0,68	0,58
LM2005/17/9/2	1,5	2,5	0,30	16,5	1,03	0,88	35	0,83	0,77	0,71
LM2005/27/9/1				3,5	0,22		12	0,29		0,33
LM2005/30/9/1				6	0,38		24	0,57		0,69
LM2005/32b/9/1	3	14,5	0,6	29	1,81	0,91	43	1,02	0,68	0,54

3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore

Durante i mesi di settembre 2005 e marzo 2006 si è provveduto a raccogliere le carote di sedimento nelle stazioni previste dal programma (vedi cap. 3.1.).

In base alle conoscenze acquisite negli studi precedenti, per il Bacino di Pallanza (quello più vicino alla sorgente inquinante), sono state campionate le stesse 3 stazioni (13, 16 e 17) degli anni precedenti, distribuite lungo un transetto che unisce idealmente gli abitati di Baveno e di Suna in modo tale da rappresentare al meglio le diverse caratteristiche sedimentologiche, morfometriche e geografiche dell'area allo studio e con lo scopo di seguirne l'evoluzione temporale. Le altre tre stazioni campionate, come negli anni precedenti, sono posizionate lungo l'asse principale del lago a Brissago (30B), Ghiffa (32B) e Ispra (27). Il campionamento del Bacino di Pallanza è stato condotto con modalità semestrale, mentre quella del resto del lago è stato annuale.

I dettagli relativi al campionamento e al calcolo della rata di sedimentazione sono riportati nel capitolo 3.1. Per l'estrazione, la preparazione dei campioni e l'analisi dei composti organici si fa riferimento alla metodica già utilizzata (CIP AIS, 1999). Per il trattamento dei campioni e l'analisi dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) si sono utilizzate le stesse procedure e gli stessi metodi analitici riportati nel rapporto CIP AIS (2002).

3.2.1. Composti organoclorurati nel Bacino di Pallanza

Le concentrazioni dei composti organoclorurati delle carote raccolte nel Bacino di Pallanza sono riportate nella Tabella 3.2.1. Sono stati analizzati 12 campioni anziché i sei previsti dal programma che richiedeva soltanto l'analisi della prima sezione.

Per quanto riguarda la contaminazione da DDT (Tabella 3.2.1), se ne osserva una distribuzione omogenea nelle tre stazioni considerate nell'ultimo anno preso in considerazione. I valori si attestano sui 30-35 ng g⁻¹ ed è prevalente la contaminazione dei metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto a quella del composto parentale pp'DDT con l'eccezione della seconda sezione della carota raccolta nel marzo 2006 in cui il composto parentale prevale sul metabolita. I risultati relativi alle sezioni più vecchie evidenziano per la carota 17 una maggiore contaminazione da pp'DDT nell'autunno 2005 da correlarsi ad un periodo di più intense precipitazioni nel bacino (Fig. 3.2.1). Tali eventi in corrispondenza dei periodi autunnali sono molto frequenti, così come già verificato dalle analisi condotte negli anni precedenti (CIP AIS, 2003; 2004; 2005) ed il fenomeno è evidente soprattutto nella carota campionata presso la stazione 17, quella più direttamente influenzata dal trasporto del materiale particellato del Fiume Toce.

Per quanto riguarda gli altri insetticidi organoclorurati, il lindano è prevalente rispetto agli altri isomeri e la sua contaminazione, inferiore a 1 ng g⁻¹, è molto contenuta così come si osserva per l'HCB, l'unico altro composto determinato in concentrazioni rilevabili nella maggior parte dei campioni. I PCB risultano presenti in concentrazioni totali molto contenute e inferiori a 10 ng g⁻¹; in tutti i campioni analizzati non si osservano differenze tra le varie stazioni considerate nel Bacino.

Solo il DDT e i suoi metaboliti ed isomeri sono presenti in concentrazioni significative nel Bacino di Pallanza, sottolineando come sia il contributo del Fiume Toce - strettamente legato al trasferimento di particelle inquinanti dilavate dai suoli contaminati del sito industriale di Pieve Vergonte - ad inquinare il lago. Considerando i risultati ottenuti nei cinque anni di campionamento (CIP AIS, 2002; 2003; 2004; 2005, presente lavoro) sinora eseguiti, è evidente dal 2002 in poi una riduzione della contaminazione del Bacino in assenza di eventi di piena considerevoli del Fiume Toce; in conclusione negli anni non influenzati da piene (2003-2006) le concentrazioni di DDT totale si sono ridotte a poche decina di ng g⁻¹.

Tabella 3.2.1. Concentrazioni (ng g⁻¹) dei composti organoclorurati nei campioni del Bacino di Pallanza.

Campioni	Carota 13 settembre 2005		Carota 13 marzo 2006		Carota 16 settembre 2005		Carota 16 marzo 2006		Carota 17 settembre 2005		Carota 17 marzo 2006	
	Sezione (cm)	Periodo										
Sezione (cm)	0,3-0,6	0-0,3	0,2-0,4	0-0,2	0,35-0,70	0-0,35	0,3-0,6	0-0,3	0,15-0,30	0-0,15	0,3-0,6	0-0,3
Periodo	03/05- 10/04	09/05- 04/05	09/05- 04/05	03/06- 10/05	03/05- 10/04	09/05- 04/05	09/05- 04/05	03/06- 10/05	03/05- 10/04	09/05- 04/05	09/05- 04/05	03/06- 10/05
op'DDT	0,33	1,34	0,85	1,31	0,67	<0,05	0,85	0,88	0,54	0,84	3,05	1,14
pp'DDT	6,72	10,64	14,56	2,78	3,42	0,34	1,82	7,32	3,96	20,45	39,69	2,59
op'DDE	2,25	4,54	2,07	1,97	1,20	0,69	1,47	1,84	0,98	4,44	4,02	2,69
pp'DDE	7,13	12,42	9,99	11,94	1,90	1,41	3,96	8,95	5,96	17,40	15,21	10,98
op'DDD	2,63	3,68	3,57	4,14	2,64	1,25	3,37	3,21	9,68	1,80	4,25	4,36
pp'DDD	10,25	14,46	10,47	12,11	10,45	4,80	7,41	11,19	23,34	4,58	22,65	11,29
DDT Tot	29,31	47,08	41,51	34,24	20,28	8,49	18,87	33,41	44,46	49,51	88,86	33,06
Alfa-HCH	<0,05	<0,05	0,00	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,00	0,00
Beta-HCH	<0,05	<0,05	0,11	0,10	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,00	0,00
Gamma-HCH	0,19	0,37	0,00	0,16	0,31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	0,11
Delta-HCH	<0,05	<0,05	0,00	0,00	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,00	0,11
HCH TOT	0,19	0,37	0,11	0,31	0,31	0,00	0,05	-	-	-	0,12	0,22
HCB	0,98	0,74	0,87	0,64	0,23	<0,05	0,36	0,60	0,41	0,22	0,46	0,40
t-eptacloro	<0,05	<0,05	0,00	0,00	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,00	0,20
endrin	<0,05	<0,05	5,14	1,63	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,08	0,00
metoxyclor	<0,05	<0,05	0,00	0,00	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,00	0,00
mirex	<0,05	<0,05	0,04	0,00	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	0,00
Totale	0,98	0,74	6,05	2,27	0,23	0,00	0,36	0,60	0,41	0,22	2,57	0,60
PCB 18	<0,05	<0,05	0,00	0,00	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,00	0,00
PCB 28	0,51	0,65	0,24	0,18	0,40	0,28	0,20	0,52	<0,05	0,79	0,24	0,21
PCB 31	0,73	0,61	0,27	0,21	0,35	0,21	0,11	0,34	1,12	0,59	0,18	0,08
PCB 44	0,80	0,81	0,34	0,57	0,44	0,26	0,27	0,66	0,68	0,68	0,43	0,43
PCB 52	0,73	0,67	0,18	0,24	0,24	0,20	0,15	0,31	0,44	0,17	0,16	0,23
Campioni	Carota 13 settembre 2005		Carota 13 marzo 2006		Carota 16 settembre 2005		Carota 16 marzo 2006		Carota 17 settembre 2005		Carota 17 marzo 2006	
PCB 101	1,19	1,36	0,67	0,78	0,59	0,51	0,48	1,08	0,96	1,08	0,55	0,75
PCB 149	1,00	0,78	0,78	0,73	0,67	0,31	0,45	0,92	0,87	1,05	0,70	0,57
PCB 118	0,67	0,76	0,81	0,98	0,51	0,23	0,30	1,01	0,68	0,83	0,80	0,62
PCB 153	1,45	1,04	1,17	1,22	0,89	0,22	0,59	1,28	1,25	1,15	1,00	1,07
PCB 138	0,89	1,11	0,98	1,14	0,75	0,12	0,62	1,08	1,36	1,07	1,24	0,81
PCB 180	0,71	0,42	0,60	0,80	0,59	0,19	0,37	0,74	0,38	1,06	0,51	0,65
PCB 170	0,38	0,36	0,33	0,37	0,38	0,22	0,19	0,48	0,27	0,46	0,31	0,26
PCB 194	0,16	<0,05	0,09	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,34	0,08	0,00
PCB TOT	9,22	8,57	6,46	7,28	5,81	2,75	3,72	8,43	8,01	9,27	6,21	5,68

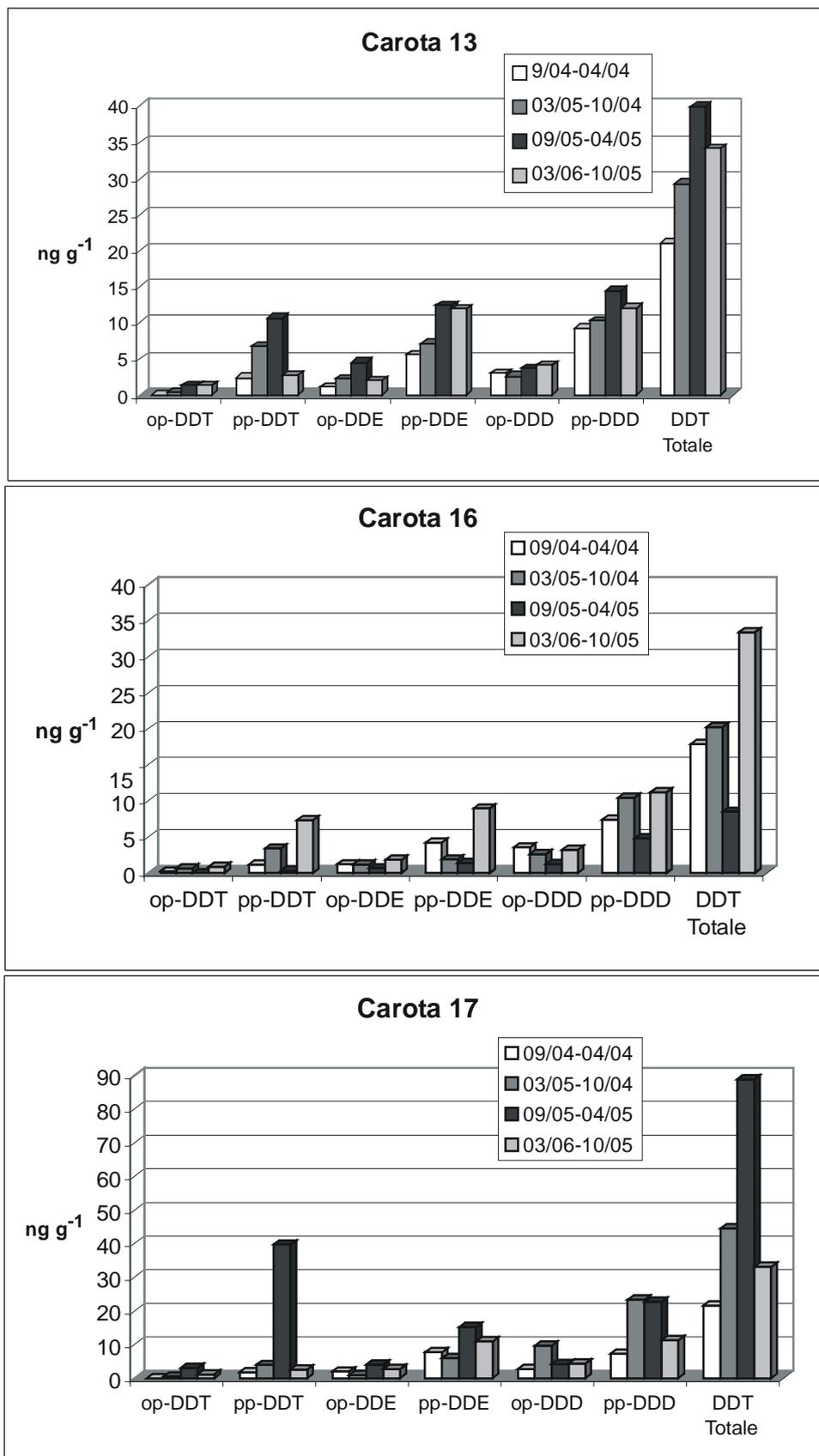


Fig. 3.2.1. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni del Bacino di Pallanza.

3.2.2. Metalli nel Bacino di Pallanza

Per il trattamento dei campioni e l'analisi dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) si sono utilizzate le stesse procedure e gli stessi metodi analitici riportati in un precedente rapporto (CIPAIS, 2002). Ulteriori dettagli sulle procedure utilizzate sono riportati in Camusso *et al.* (2002).

Per il controllo di qualità dei dati analitici, insieme ai campioni di sedimento sono stati mineralizzati ed analizzati alcuni campioni in triplicato, bianchi di procedura e materiali certificati di sedimento del BCR–Bureau Communautaire de Référence (CRM 280 e S7). L'accuratezza percentuale è stata del 90 – 105% per tutti gli elementi e la ripetibilità (come deviazione standard relativa) è stata dello 0,2–5% a seconda degli elementi.

Sono stati analizzati gli elementi As, Cd, Cu e Hg in 18 campioni sui 9 previsti, per un totale di 72 analisi su 36. Le concentrazioni dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) misurate nelle sezioni delle carote prelevate nelle tre stazioni (13, 16 e 17) del Bacino di Pallanza nel primo (settembre 2005) e secondo campionamento (marzo 2006) sono riportate nella Tabella 3.2.2. accanto alla sezioni (in cm) di carota di sedimento ed i corrispondenti periodi individuati in base ai tassi di sedimentazione descritti nel precedente Capitolo 3.1. Anche in questo caso le misure effettuate riguardano due sezioni per carota in luogo dell'unica prevista, con sovrapposizioni temporali tra sezioni appartenenti a carote campionate nella stessa località ma in periodi diversi.

Le concentrazioni di arsenico nei sedimenti più superficiali del marzo 2006 presentano livelli molto alti nella carota 13 (Baveno), alti nella carota 16 rispetto alla carota 17 (Suna), valori rispettivamente di 293,2, 83,0 e 39,3 mg kg⁻¹ (Tabella 3.2.2). Comportamento diverso si osserva per gli altri metalli: cadmio e rame presentano concentrazioni simili in tutte le stazioni (0,434, 0,446, 0,482 mg kg⁻¹) e (80,8, 84,0, 89,7 mg kg⁻¹) rispettivamente andando dalla 13 alla 17; mentre le concentrazioni di mercurio sono più alte nello strato superficiale delle carota 17 (0,540 mg kg⁻¹) rispetto alla carota 13, inferiore di almeno un terzo (0,439 mg kg⁻¹) e alla carota 16, ancora più basse (0,288 mg kg⁻¹).

Nel semestre precedente (settembre 2005) e sempre relativamente allo strato più superficiale le concentrazioni più alte di As e Cd sono state misurate nella carota 13 (As=139; Cd=0,494 mg kg⁻¹) rispetto alle carota 17 e 16, che presentano valori simili tra loro e più bassi, rispettivamente (32,9 e 33,9 mg kg⁻¹) per l'arsenico e (0,327 e 0,392 mg kg⁻¹) per il cadmio. Anche per il Hg le concentrazioni più alte si osservano nello strato superficiale della carota 13 (0,415 mg kg⁻¹), un valore intermedio è stato misurato nella 17 (0,248 mg kg⁻¹) e il più basso nella 16 (0,185 mg kg⁻¹). Leggere differenze si osservano nelle concentrazioni di rame tra le tre stazioni (87,9, 71,6 e 79,1 mg kg⁻¹) con i valori più alti, anche per questo metallo, nella carota 13 (Tabella 3.2.2).

Tutti i metalli mostrano un andamento analogo con concentrazioni più alte nel marzo 2006 rispetto al settembre 2005 nelle carote 16 e 17, mentre nella carota 13 i valori del marzo 2006 sono più bassi per tutti gli elementi ad eccezione dell'arsenico che raddoppia il valore di settembre (293 e 139 mg kg⁻¹). In generale, dal settembre 2005 al marzo 2006 si osserva che nei sedimenti superficiali del Bacino di Pallanza le concentrazioni di As presentano un andamento simile e crescente nelle stazioni (carote 13 e 16) rispetto ai valori più costanti della stazione di Suna (carota 17) andando da un minimo di 33,9 mg kg⁻¹ nella carota 17 a un massimo di 293 mg kg⁻¹ nella carota 13 a Baveno.

Andamento crescente per le stazioni di Suna e centrale e decrescente per quella di Baveno si osserva per il rame, ma le variazioni sono abbastanza contenute (Figg. 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4). Andamento simile e crescente si evidenzia per il cadmio limitatamente alle stazioni 16 e 17 e per il mercurio con valori in crescita in tutte le stazioni del Bacino di Pallanza (Figg. 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7).

C'è quindi un'inversione di tendenza rispetto all'anno precedente maggiormente nelle stazioni più influenzate dal trasporto dal bacino imbrifero e i valori di mercurio sono in tutte le stazioni superiori al valore soglia (*Threshold Effect Concentration*, TEC = 0,18 mg kg⁻¹).

Tabella 3.2.2. Concentrazioni dei metalli in mg kg⁻¹ nei campioni del Bacino di Pallanza.

Campionamento	Carota N°	Sezione (cm)	Periodo	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
marzo 2006	13	0 – 0,2	03/06 – 10/05	293	0,434	80,8	0,439
		0,2 – 0,4	10/05 – 05/05	82,4	0,450	89,9	0,391
settembre 2005	13	0 – 0,3	09/05 – 03/05	139	0,494	87,9	0,415
		0,3 – 0,6	03/05 – 09/04	89,7	0,512	87,5	0,366
marzo 2006	16	0 – 0,3	03/06 – 09/05	83,0	0,446	84,0	0,288
		0,3 – 0,6	09/05 – 04/05	27,1	0,343	69,5	0,178
settembre 2005	16	0 – 0,35	09/05 – 03/05	32,9	0,327	71,6	0,185
		0,35 – 0,7	03/05 – 09/04	16,7	0,239	59,3	0,115
marzo 2006	17	0 – 0,2	03/06 – 10/05	39,3	0,482	89,7	0,540
		0,2 – 0,4	10/05 – 04/05	43,8	0,441	85,2	0,729
settembre 2005	17	0 – 0,15	09/05 – 03/05	33,9	0,392	79,1	0,248
		0,15 – 0,3	03/05 – 09/04	38,9	0,420	80,3	0,262

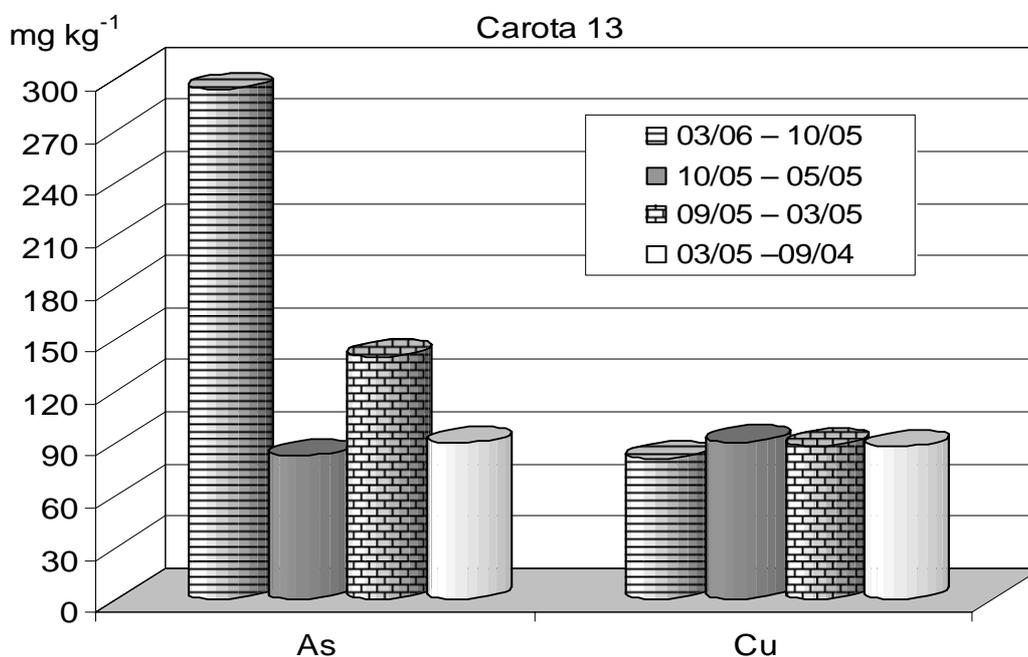


Fig. 3.2.2. Concentrazioni di arsenico e rame nel Bacino di Pallanza (carota 13).

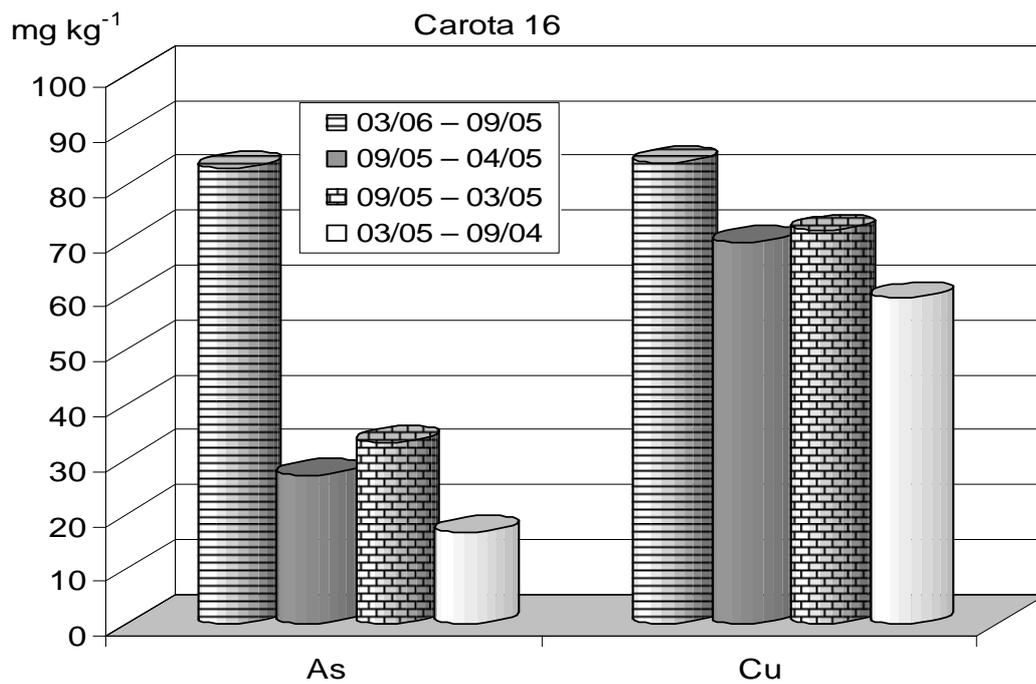


Fig. 3.2.3. Concentrazioni di arsenico e rame nel Bacino di Pallanza (carota 16).

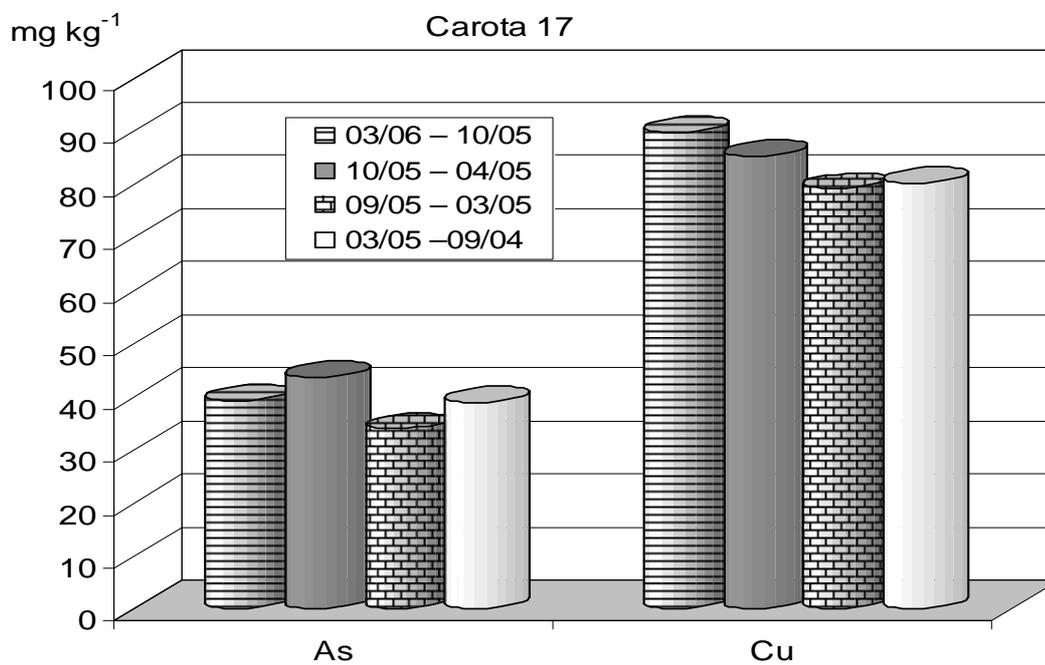


Fig. 3.2.4. Concentrazioni di arsenico e rame nel Bacino di Pallanza (carota 17).

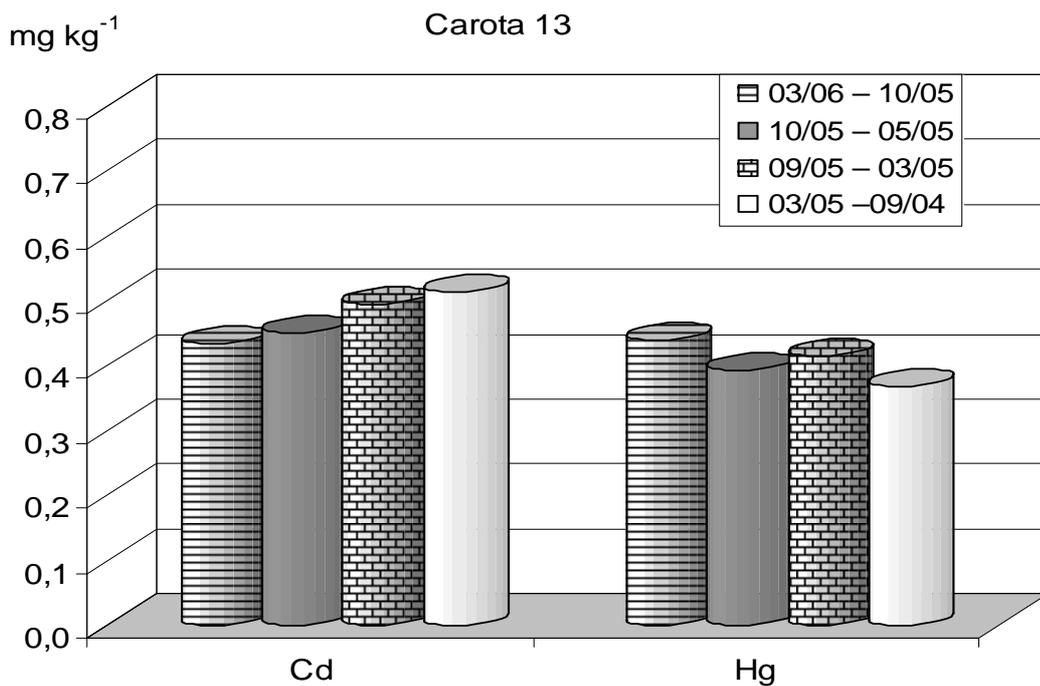


Fig. 3.2.5. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel Bacino di Pallanza (carota 13).

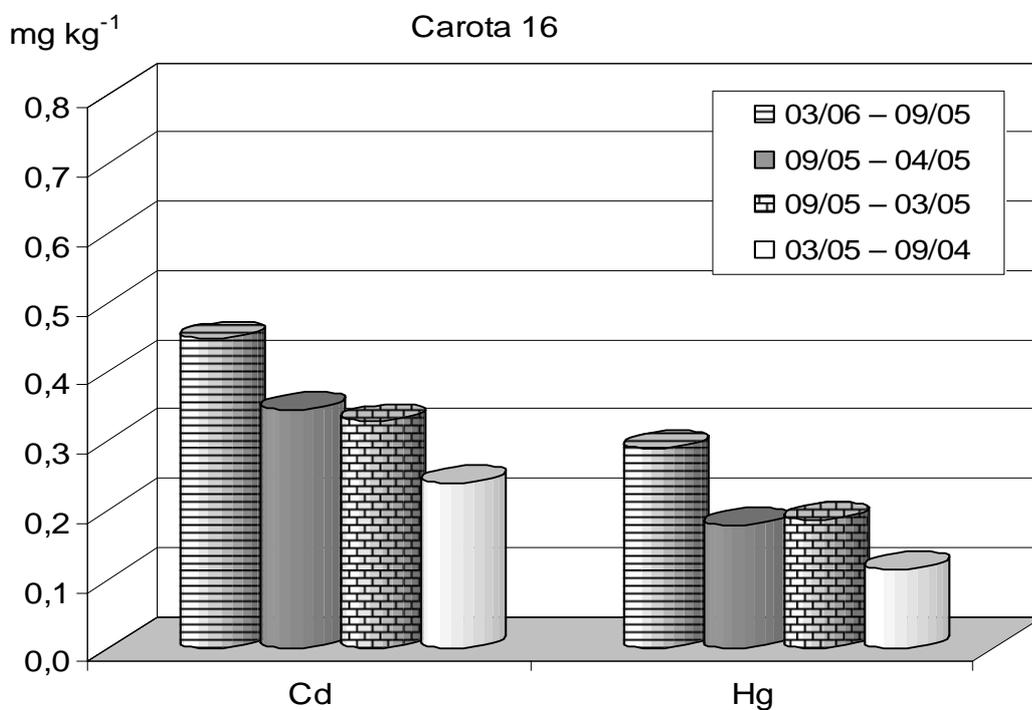


Fig. 3.2.6. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel Bacino di Pallanza (carota 16).

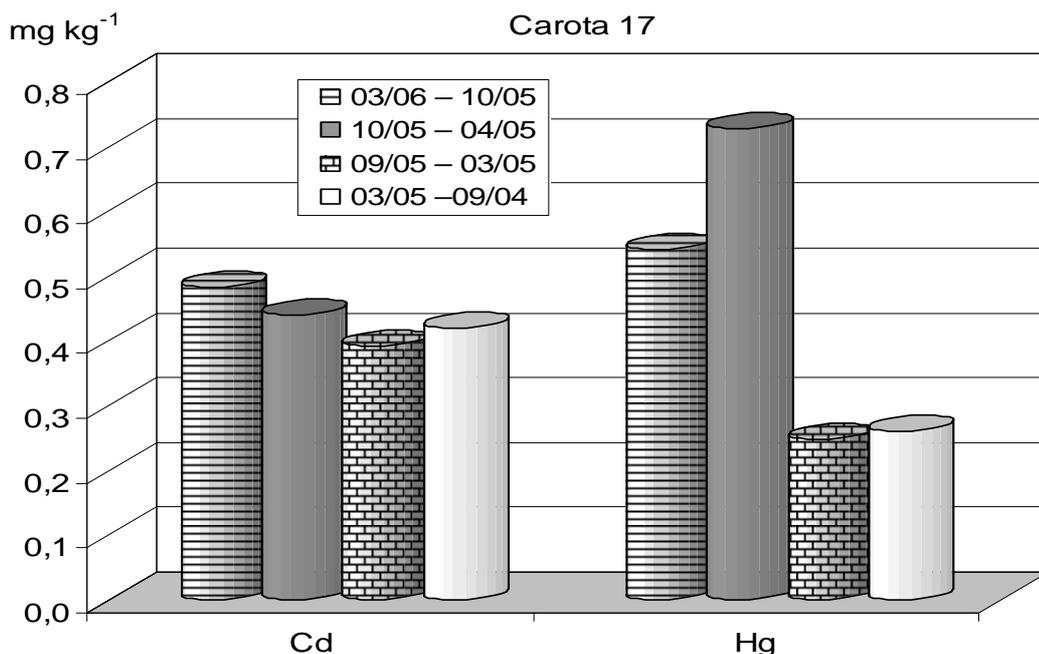


Fig. 3.2.7. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel Bacino di Pallanza (carota 17).

3.2.3. Composti organoclorurati nel lago (asse N-S)

I dati relativi alle tre carote analizzate lungo l'asse principale del lago sono riportati nella Tabella 3.2.3 e in Fig. 3.2.8. Da Nord a Sud le stazioni campionate sono: Brissago (30B), Ghiffa (32B) e Ispra (27). La carota 30B, campionata nel bacino Nord del Lago Maggiore, è caratterizzata da una minore contaminazione rispetto alla rimanente parte del lago, anche se si evidenzia un continuo aumento del DDT totale negli anni più recenti (CIP AIS, 2002; 2003; 2004; 2005) tale per cui la sezione più superficiale della carota 30B è caratterizzata dallo stesso contenuto di DDT totale di quella della carota 27 raccolta nel bacino Sud. Tale andamento è in accordo con quanto rilevato nella carota campionata nel giugno 2001 (CIP AIS, 2002), in cui i livelli maggiori di DDT si osservavano agli inizi degli anni '90 e negli anni 1998-2001 in conseguenza della piena del 2000, evidenziando come la contaminazione del Bacino di Pallanza abbia raggiunto per effetto delle correnti anche il Bacino Nord del lago attraverso la deposizione di particellato fine inquinato. In questa carota sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT, come già precedentemente evidenziato (CIP AIS, 2002; 2003; 2004). Tale considerazione porta a concludere che non vi siano fonti locali di contaminazione, ma che si tratti del trasporto di particellato inquinato di origine non recente, probabilmente già parzialmente sottoposto a fenomeni di degradazione. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile, mentre si osservano valori non trascurabili di PCB totali compresi tra 10 e 26 ng g⁻¹, sensibilmente più elevati rispetto alle altre carote dell'asse.

Tabella 3.2.3. Concentrazioni (ng g^{-1}) dei composti organoclorurati nei campioni dell'asse N-S.

Campionamento	Carota 30B settembre 2005		Carota 32B settembre 2005		Carota 27 settembre 2005	
	Sezione (cm)		Sezione (cm)		Sezione (cm)	
	0,4-0,8	0-0,4	0,60-1,20	0-0,60	0,2-0,4	0-0,2
Periodo	09/04-10/03	09/05-10/04	09/04 - 10/03	09/05 - 10/04	01/05-06/04	09/05-02/05
op'DDT	<0,05	<0,05	0,64	0,48	<0,05	<0,05
pp'DDT	0,46	0,71	3,70	2,90	1,31	1,12
op'DDE	2,08	2,89	5,88	6,52	3,32	2,34
pp'DDE	6,67	12,36	12,38	33,36	10,32	6,41
op'DDD	2,97	2,44	5,20	11,32	5,26	4,91
pp'DDD	5,89	7,76	21,48	34,86	9,94	8,82
DDT Tot.	18,07	26,16	49,28	89,44	30,15	23,60
Alfa-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Beta-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gamma-HCH	0,76	0,32	0,34	0,56	<0,05	<0,05
Delta-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HCH Tot.	0,76	0,32	0,34	0,56	-	-
HCB	0,89	1,98	0,53	0,94	0,78	1,05
t-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
dieldrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Totale	0,89	1,98	0,53	0,94	0,78	1,05
PCB 18	0,22	0,36	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	0,77	1,40	<0,05	0,32	0,5	0,4
PCB 31	0,63	1,21	<0,05	0,27	0,3	0,6
PCB 44	0,84	1,66	0,81	1,18	0,6	0,9
PCB 52	0,80	1,32	0,64	1,19	0,5	0,7
PCB 101	1,11	3,24	0,70	2,26	1,0	1,0
PCB 149	1,32	3,05	0,82	1,51	0,9	0,9
PCB 118	0,82	1,73	0,58	1,61	0,5	0,3
PCB 153	1,57	4,04	0,92	2,27	0,8	1,2
PCB 138	1,04	4,12	0,81	1,84	0,7	1,0
PCB 180	0,86	1,34	0,45	1,55	1,0	0,6
PCB 170	0,63	1,89	0,32	0,66	0,4	1,2
PCB 194	<0,05	0,27	0,19	<0,05	0,4	1,1
PCB Tot.	10,61	25,63	6,24	14,66	7,41	9,87

Per la carota 32B, campionata a Ghiffa, le due sezioni di sedimento analizzate evidenziano una maggiore contaminazione da DDT nella sezione più superficiale, indicando un fenomeno di sequestro in questa parte profonda del lago. Anche in questa carota sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT, come già precedentemente evidenziato (CIP AIS, 2002; 2003; 2004). La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile e quella da PCB è inferiore ai 15 ng g^{-1} .

Per la carota 27 che appartiene al Bacino Sud del Lago Maggiore, la contaminazione risulta essere simile a quella del Bacino Nord (Fig. 3.2.8); sono principalmente presenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile e quella da PCB è inferiore a 10 ng g^{-1} .

In un'ideale rappresentazione Nord-Sud l'andamento delle concentrazioni totali di DDT è il seguente: 26 ng g^{-1} (30B) \rightarrow 90 ng g^{-1} (32B) \rightarrow 24 ng g^{-1} (27), con un arricchimento pari a 2,8 volte nella parte centrale del lago.

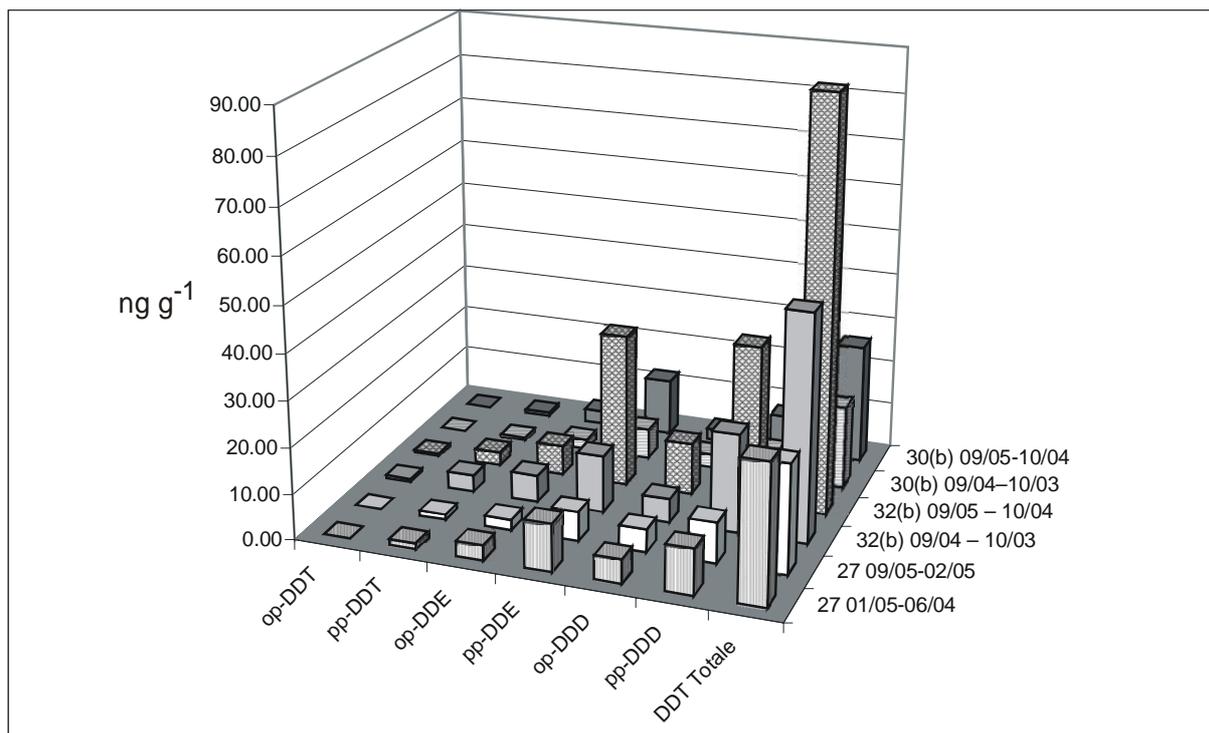


Fig. 3.2.8. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni raccolti lungo l'asse N-S.

3.2.4. Metalli lungo l'asse Nord-Sud del lago

Le concentrazioni di arsenico, cadmio, rame e mercurio determinate nelle sezioni superficiali delle carote raccolte lungo l'asse Nord-Sud sono riportate nella Tabella 3.2.4, insieme ai livelli degli stessi metalli analizzati nelle sezioni corrispondenti a periodi precedenti. Per le stazioni di Brissago (30B) e di Ghiffa (32B) rispettivamente nel bacino settentrionale e centrale, il primo strato di sedimento corrisponde alla sedimentazione di un anno (settembre 2004–settembre 2005), mentre per la stazione di Ispra (27) nel bacino meridionale ognuno dei due strati riportati in Tabella 3.2.4 corrisponde a circa otto mesi.

In generale si osserva che per rame e mercurio le concentrazioni vanno da valori più bassi nella zona settentrionale ($\text{Cu}=82,1 \text{ mg kg}^{-1}$ e $\text{Hg}=0,132 \text{ mg kg}^{-1}$) a valori massimi nella parte centrale ($\text{Cu}=100,7 \text{ mg kg}^{-1}$ e $\text{Hg}=2,446 \text{ mg kg}^{-1}$) con valori intermedi ($\text{Cu}=86,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e $\text{Hg}=0,594 \text{ mg kg}^{-1}$) nella zona meridionale.

Per arsenico e cadmio gli andamenti sono opposti con valori intermedi a Nord ($41,0$ e $0,929 \text{ mg kg}^{-1}$) e minimo di As e massimo di Cd al centro ($37,9$ e $1,142 \text{ mg kg}^{-1}$) e viceversa nella zona meridionale dove i valori sono rispettivamente ($131,0$ e $0,863 \text{ mg kg}^{-1}$).

Questi dati confermano per il 2005 la prevalenza di una minore contaminazione nella zona Nord (Brissago, carota 30B) rispetto a quella meridionale, anche se i livelli di cadmio al Nord non sono trascurabili e i livelli di mercurio sono in costante progressivo aumento (Tabella 3.2.4 e Figg. 3.2.9 e 3.2.10).

La parte centrale del lago (Ghiffa, carota 32B) rappresenta la parte più contaminata per tre metalli (Cd, Cu, Hg) con valori particolarmente elevati per il mercurio e pari al doppio del *valore di probabile effetto* ($\text{PEC}=1,09 \text{ mg kg}^{-1}$). Infine la zona meridionale (stazione di Ispra, carota 27) presenta ancora livelli alti per tutti e quattro gli elementi.

Tabella 3.2.4. Concentrazioni dei metalli in mg kg^{-1} nei sedimenti raccolti lungo l'asse principale del lago.

Campionamento	Carota N°	Sezione (cm)	Periodo	As mg kg^{-1}	Cd mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Hg mg kg^{-1}
settembre 2005	30B	0 – 0,4	09/05 – 09/04	41,0	0,929	82,1	0,132
		0,4 – 0,8	09/04 – 08/03	39,6	0,838	78,8	0,118
settembre 2005	32B	0 – 0,6	09/05 – 09/04	37,9	1,142	100,7	2,446
		0,6 – 1,2	09/04 – 09/03	45,9	0,894	85,1	2,279
settembre 2005	27	0 – 0,2	09/05 – 01/05	131,0	0,863	86,3	0,594
		0,2 – 0,4	01/05 – 05/04	137,0	0,596	83,8	0,572

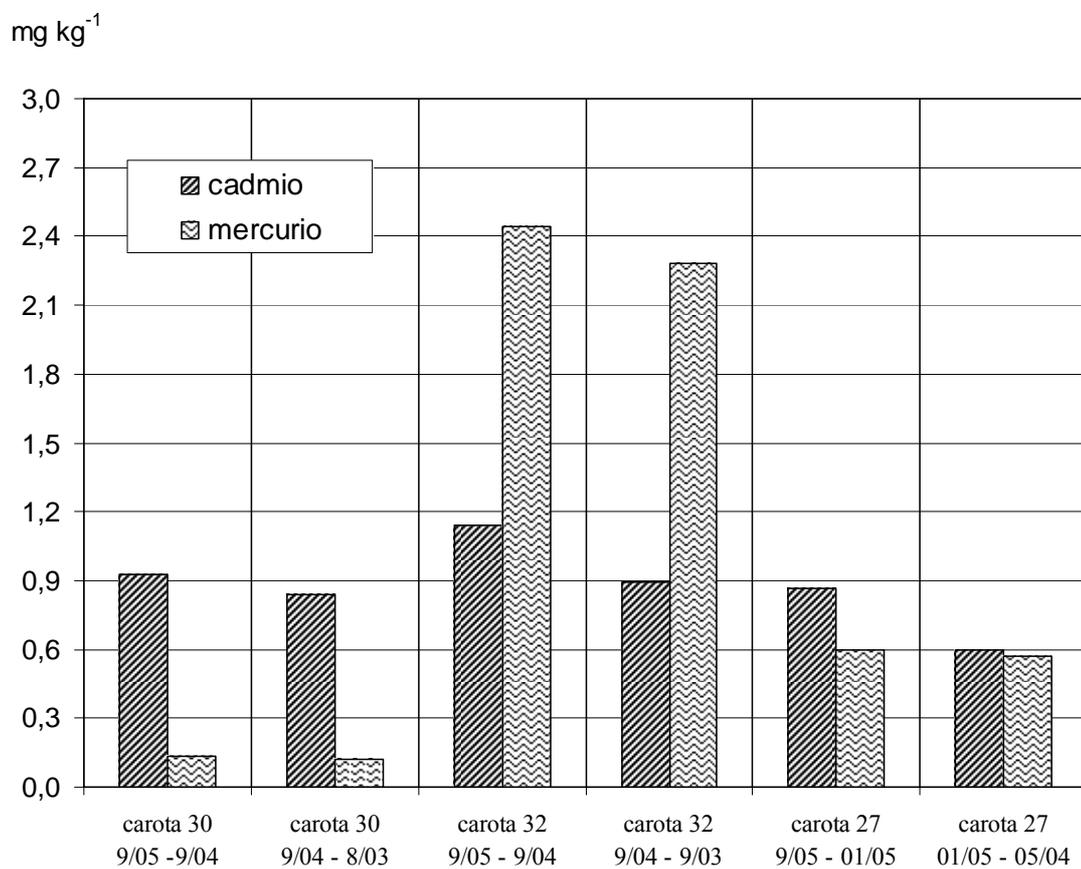


Fig. 3.2.9. Concentrazioni di cadmio e mercurio nei sedimenti raccolti lungo l'asse principale del lago.

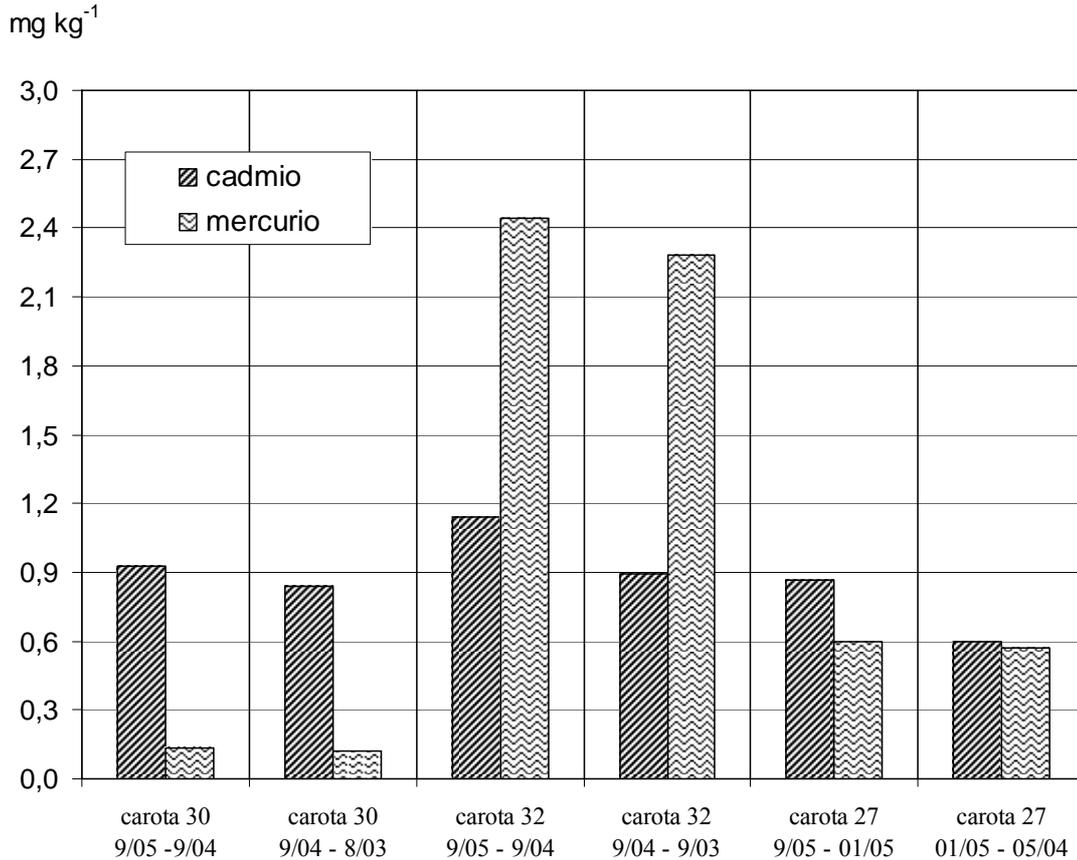


Fig. 3.2.10. Concentrazioni di arsenico e rame nei sedimenti raccolti lungo l'asse principale del lago.

Bibliografia

- Camuso, M., S. Galassi & D. Vignati. 2002. Assessment of River Po sediment quality by micropollutant analysis. *Water Research*, 36: 2491-2504.
- CIPAIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore*. Rapporto finale sui risultati delle indagini. Ed. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 81 pp.
- CIPAIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2001 - marzo 2002*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIPAIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2002 - marzo 2003*, Ed. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIPAIS. 2004. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2003 - marzo 2004*. Ed. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 78 pp.
- CIPAIS. 2005. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2004 - marzo 2005*. Ed. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 76 pp.

4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI

Sono stati condotti i quattro campionamenti previsti per i tributari Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Toce e Ticino emissario nei mesi di aprile, luglio, ottobre 2005 e gennaio 2006 rispettando la prevista scadenza trimestrale. Sono stati, inoltre, campionati i fiumi Boesio e Bardello con le stesse scadenze degli altri tributari del lago.

Nell'anno considerato i fiumi sono stati in molti casi in regime straordinariamente di magra come nel luglio 2005 e nel gennaio 2006; inoltre, alcuni fiumi, come il Toce, il Boesio e il Bardello sono sempre stati trovati in stato di magra per tutti e quattro i campionamenti eseguiti (Tabella 4.1). Soltanto nel mese di aprile 2005 la portata dei fiumi è stata per lo più in morbida o in morbida/piena. Il Fiume Verzasca risulta essere quasi sempre in regime di quasi morbida in quanto l'andamento della sua portata è regolato dalla società Verzasca SA che utilizza le acque del fiume a scopo idroelettrico.

I campioni di sedimento fluviale sono stati raccolti alla foce dei fiumi Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Boesio, Bardello, Toce e nel Ticino emissario, in uscita dal Lago Maggiore. I campioni sono stati liofilizzati e la frazione fine del sedimento (<0,05 mm) è stata analizzata per il contenuto in carbonio organico e per la presenza di composti organoclorurati.

Per quanto riguarda il carbonio organico (Tabella 4.1), il Maggia e il Toce sono i fiumi caratterizzati dai valori più contenuti (rispettivamente $0,85 \pm 0,50$ % p.s. e $1,70 \pm 0,46$ % p.s.), mentre la Verzasca, il Boesio, il Margorabbia e il Ticino emissario presentano i valori più elevati (rispettivamente $7,35 \pm 2,64$, $6,82 \pm 0,72$, $5,46 \pm 0,94$ e $4,21 \pm 1,80$ %). Esistono evidenti variazioni del contenuto di carbonio organico tra i vari campionamenti e i fiumi Verzasca e Ticino emissario sono quelli che presentano le maggiori variazioni stagionali. L'analisi dei composti organoclorurati (OCs) è riportata nelle Tabelle da 4.2 a 4.9.

Il Fiume Maggia (Tabella 4.2) è senz'altro da considerare come il meno contaminato, per quanto concerne i composti organo clorurati. I composti DDT, HCH e HCB sono caratterizzati da valori di fondo, generalmente inferiori a 1 ng g^{-1} ; fa eccezione l'ultimo campionamento, quello del gennaio 2006, in cui la somma del DDT raggiunge un valore di $3,5 \text{ ng g}^{-1}$, mai osservato in precedenza. Per quanto attiene ai PCB, i valori totali si attestano tra 1 e 8 ng g^{-1} , ciò evidenzia rispetto agli anni precedenti un aumento della contaminazione osservata per questa tipologia di inquinanti. Esprimendo i risultati normalizzando rispetto al contenuto in carbonio organico, le concentrazioni di HCH e HCB si confermano pari ai valori di fondo: $< 0,05 \text{ ng mg}^{-1}$, quelle relative al DDT sono comunque contenute e inferiori a $0,3 \text{ ng mg}^{-1}$ e quelle dei PCB sono comprese tra $0,1$ e 1 ng mg^{-1} e quindi sono sostanzialmente superiori ai valori di fondo. Il Fiume Maggia non risulta quindi essere incontaminato come nel passato per il DDT e PCB.

Per quanto riguarda la Verzasca (Tabella 4.3) i quattro campionamenti eseguiti evidenziano una elevata contaminazione da DDT e PCB rispetto a quella del Fiume Maggia. La prevalenza di pp'DDT rispetto agli altri metaboliti sottolinea l'origine recente del fenomeno di contaminazione da DDT, che potrebbe probabilmente essere imputabile al trasporto atmosferico di questo composto attraverso i venti che principalmente hanno direzione Sud-Nord. Esprimendo i risultati rispetto al carbonio organico, i valori di DDT totale si attestano tra $0,2$ e $1,0 \text{ ng mg}^{-1}$, più elevati di quelli del Fiume Maggia.

I valori di PCB variano da 20 a 30 ng g^{-1} , tuttavia normalizzandoli rispetto al carbonio organico, risultano compresi tra $0,2$ e $0,7 \text{ ng mg}^{-1}$; l'arricchimento di questo fiume in carbonio organico aumenta quindi la sua capacità di accumulare gli inquinanti organici organoclorurati.

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

Fiumi	aprile 2005	luglio 2005	ottobre/novembre 2005	gennaio 2006
Toce	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>
Tresa	<i>Piena/Morbida</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida</i>	<i>Magra</i>
Ticino emissario	<i>Morbida</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>
Margorabbia	<i>Morbida</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida</i>	<i>Magra</i>
Maggia	<i>Piena/Morbida</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>
Verzasca	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>
Boesio	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>
Bardello	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>
Toce	1,9	1,1	1,8	2,1
Tresa	2,4	4,1	3,7	1,8
Ticino emissario	6,9	3,3	2,9	3,8
Margorabbia	6,6	4,3	5,3	5,6
Maggia	1,6	0,4	0,6	0,9
Verzasca	6,6	5,5	6,0	11,3
Boesio	7,5	7,4	6,0	6,5
Bardello	4,4	2,7	2,9	3,2

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

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	0,31	<0,001	<0,001	<0,001	0,034
pp-DDT	<0,05	0,26	<0,05	<0,05	<0,001	0,066	<0,001	<0,001
op-DDE	0,42	0,23	0,06	0,64	0,027	0,058	0,011	0,071
pp-DDE	0,60	0,43	0,07	1,24	0,039	0,107	0,012	0,138
op-DDD	0,31	0,06	0,13	0,40	0,020	0,015	0,022	0,045
pp-DDD	0,18	0,06	0,31	0,85	0,011	0,015	0,052	0,094
DDT totale	1,51	1,04	0,58	3,44	0,097	0,260	0,097	0,382
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,20	<0,001	<0,001	<0,001	0,023
β-HCH	0,21	<0,05	<0,05	0,52	0,014	<0,001	<0,001	0,057
γ-HCH	0,13	0,06	0,09	<0,05	0,008	0,016	0,015	<0,001
δ-HCH	0,18	0,08	0,13	<0,05	0,012	0,021	0,021	<0,001
HCH totale	0,52	0,15	0,22	0,72	0,034	0,037	0,036	0,080
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,31	0,24	0,04	0,34	0,020	0,060	0,006	0,038
T-eptacloro	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,05	<0,05	0,42	<0,05	<0,001	<0,001	0,069	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Totale	0,39	0,24	0,45	0,34	0,025	0,060	0,075	0,038
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	1,57	<0,05	<0,05	<0,05	0,101	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 28	0,83	0,26	<0,05	0,42	0,053	0,066	<0,001	0,047
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 52	2,04	0,36	0,04	0,77	0,131	0,090	0,007	0,086
PCB 44	0,75	0,19	0,06	0,57	0,048	0,048	0,009	0,063
PCB 101	0,63	0,40	0,06	1,26	0,041	0,101	0,010	0,140
PCB 149	0,51	0,28	0,13	1,09	0,033	0,070	0,022	0,121
PCB 118	0,33	0,10	0,08	0,39	0,021	0,025	0,014	0,044
PCB 153	0,57	0,39	0,21	1,68	0,037	0,098	0,035	0,186
PCB 138	0,39	0,33	0,14	0,98	0,025	0,081	0,024	0,109
PCB 180	0,32	0,23	0,03	0,73	0,021	0,058	0,005	0,081
PCB 170	0,23	0,17	0,02	0,36	0,015	0,042	0,004	0,040
PCB 194	0,11	0,05	<0,05	0,24	0,007	0,013	<0,001	0,027
PCB totale	8,27	2,76	0,78	8,50	0,533	0,690	0,130	0,944

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

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,73	4,04	3,61	5,26	0,011	0,074	0,060	0,047
pp-DDT	5,30	27,11	3,04	14,12	0,080	0,493	0,051	0,125
op-DDE	1,82	0,46	<0,05	0,62	0,027	0,008	<0,001	0,006
pp-DDE	6,09	12,84	0,46	16,03	0,092	0,233	0,008	0,142
op-DDD	1,45	0,36	0,66	0,46	0,022	0,007	0,011	0,004
pp-DDD	0,42	10,58	3,26	1,03	0,006	0,192	0,054	0,009
DDT totale	15,81	55,40	11,04	37,52	0,238	1,007	0,184	0,332
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
β-HCH	0,35	<0,05	<0,05	<0,05	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	1,17	<0,05	<0,05	0,13	0,018	<0,001	<0,001	0,001
δ-HCH	0,86	0,15	0,29	<0,05	0,013	0,003	0,005	<0,001
HCH totale	2,54	0,15	0,29	0,13	0,038	0,003	0,005	0,001
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	1,31	0,30	<0,05	1,12	0,020	0,005	<0,001	0,010
T-eptacloro	0,58	0,37	0,61	<0,05	0,009	0,007	0,010	<0,001
Endrin	<0,05	<0,05	3,14	<0,05	<0,001	<0,001	0,052	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	0,000	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Totale	1,89	0,67	3,75	1,12	0,029	0,012	0,063	0,010
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	3,76	0,15	<0,05	<0,05	0,057	0,003	<0,001	<0,001
PCB 28	1,89	0,34	<0,05	0,28	0,029	0,006	<0,001	0,002
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	0,31	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
PCB 52	7,28	0,60	<0,05	0,89	0,110	0,011	<0,001	0,008
PCB 44	3,16	0,27	0,16	0,44	0,048	0,005	0,003	0,004
PCB 101	4,88	2,88	0,07	2,69	0,074	0,052	0,001	0,024
PCB 149	4,44	4,65	5,81	3,15	0,067	0,085	0,097	0,028
PCB 118	1,85	1,07	1,72	1,39	0,028	0,019	0,029	0,012
PCB 153	5,48	5,59	7,73	3,21	0,083	0,102	0,129	0,028
PCB 138	4,92	5,70	8,24	3,61	0,074	0,104	0,137	0,032
PCB 180	4,13	3,91	0,21	1,99	0,062	0,071	0,003	0,018
PCB 170	2,47	2,78	0,10	1,21	0,037	0,051	0,002	0,011
PCB 194	0,67	<0,05	<0,05	0,05	0,010	<0,001	<0,001	<0,001
PCB totale	44,92	27,94	24,04	19,22	0,678	0,508	0,401	0,170

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

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,47	0,96	1,13	<0,05	0,007	0,022	0,021	<0,001
pp-DDT	0,06	<0,05	<0,05	0,10	0,001	<0,001	<0,001	0,002
op-DDE	0,30	0,51	<0,05	0,51	0,005	0,012	<0,001	0,009
pp-DDE	1,35	2,23	0,13	2,23	0,020	0,052	0,002	0,040
op-DDD	0,16	0,24	0,20	0,35	0,002	0,006	0,004	0,006
pp-DDD	0,84	0,27	1,24	0,67	0,013	0,006	0,023	0,012
DDT totale	3,18	4,21	2,70	3,86	0,048	0,098	0,051	0,069
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	1,10	<0,05	0,69	0,27	0,017	<0,001	0,013	0,005
δ-HCH	0,00	0,38	<0,05	<0,05	<0,001	0,009	<0,001	<0,001
HCH totale	1,10	0,38	0,69	0,27	0,017	0,009	0,013	0,005
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	1,25	0,34	0,02	0,45	0,019	0,008	<0,001	0,008
T-eptacloro	0,33	<0,05	<0,05	<0,05	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	0,00	0,00	4,40	<0,05	<0,001	<0,001	0,083	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Totale	1,58	0,34	4,42	0,45	0,024	0,008	0,083	0,008
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	2,53	0,20	<0,05	<0,05	0,038	0,005	<0,001	<0,001
PCB 28	1,87	0,89	<0,05	0,55	0,028	0,021	<0,001	0,010
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	0,55	<0,001	<0,001	<0,001	0,010
PCB 52	6,18	1,27	0,66	0,55	0,093	0,029	0,012	0,010
PCB 44	2,00	0,64	0,31	0,43	0,030	0,015	0,006	0,008
PCB 101	2,40	1,90	0,03	0,87	0,036	0,044	0,001	0,016
PCB 149	1,67	1,18	1,23	0,55	0,025	0,028	0,023	0,010
PCB 118	1,07	0,88	1,01	0,79	0,016	0,021	0,019	0,014
PCB 153	2,01	1,23	2,06	0,97	0,030	0,029	0,039	0,017
PCB 138	1,42	1,46	1,91	0,67	0,021	0,034	0,036	0,012
PCB 180	1,11	0,93	0,03	0,35	0,017	0,022	0,001	0,006
PCB 170	0,62	0,36	<0,05	0,12	0,009	0,008	<0,001	0,002
PCB 194	0,34	<0,05	<0,05	0,08	0,005	<0,001	<0,001	0,001
PCB totale	23,20	10,95	7,24	6,48	0,350	0,255	0,137	0,116

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

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,62	0,35	<0,05	1,39	0,026	0,009	<0,001	0,077
pp-DDT	2,30	1,13	<0,05	5,41	0,094	0,027	<0,001	0,300
op-DDE	0,29	0,19	<0,05	<0,05	0,012	0,005	<0,001	<0,001
pp-DDE	1,95	1,88	<0,05	4,19	0,080	0,046	<0,001	0,233
op-DDD	0,26	0,16	<0,05	0,29	0,011	0,004	<0,001	0,016
pp-DDD	0,55	1,52	5,75	2,61	0,022	0,037	0,155	0,145
DDT totale	5,97	5,22	5,75	13,88	0,245	0,127	0,155	0,771
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	<0,05	<0,05	0,04	0,06	<0,001	<0,001	0,001	0,004
β-HCH	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,12	<0,05	0,70	0,99	0,005	<0,001	0,019	0,055
δ-HCH	<0,05	0,13	0,61	<0,05	<0,001	0,003	0,017	<0,001
HCH totale	0,17	0,13	1,35	1,05	0,007	0,003	0,037	0,058
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,36	0,40	0,04	0,69	0,015	0,010	0,001	0,038
T-eptacloro	0,23	0,06	<0,05	<0,05	0,009	0,001	0,000	0,000
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Totale	0,59	0,45	0,04	0,69	0,024	0,011	0,001	0,038
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	1,16	0,07	<0,05	<0,05	0,048	0,002	<0,001	<0,001
PCB 28	0,82	0,36	<0,05	0,24	0,034	0,009	<0,001	0,014
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	0,43	<0,001	<0,001	<0,001	0,024
PCB 52	1,77	0,49	<0,05	0,72	0,073	0,012	<0,001	0,040
PCB 44	0,77	0,17	0,15	0,36	0,031	0,004	0,004	0,020
PCB 101	0,79	0,72	<0,05	1,83	0,032	0,018	<0,001	0,101
PCB 149	0,93	0,86	0,85	2,85	0,038	0,021	0,023	0,159
PCB 118	0,37	0,64	0,50	1,11	0,015	0,016	0,014	0,062
PCB 153	1,14	1,17	1,35	2,71	0,047	0,028	0,037	0,150
PCB 138	0,95	1,15	1,18	3,00	0,039	0,028	0,032	0,166
PCB 180	0,88	1,00	0,02	2,43	0,036	0,024	<0,001	0,135
PCB 170	0,41	0,61	0,01	1,44	0,017	0,015	<0,001	0,080
PCB 194	0,21	<0,05	<0,05	0,43	0,009	<0,001	<0,001	0,024
PCB totale	10,20	7,23	4,06	17,54	0,418	0,176	0,110	0,974

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

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	2,46	1,48	4,96	3,95	0,129	0,134	0,292	0,188
pp-DDT	21,32	15,08	<0,05	19,35	1,122	1,371	<0,001	0,921
op-DDE	1,18	0,90	0,07	1,40	0,062	0,082	0,004	0,067
pp-DDE	3,98	3,51	0,14	3,98	0,210	0,319	0,008	0,190
op-DDD	3,44	2,83	5,17	1,33	0,181	0,257	0,304	0,063
pp-DDD	9,51	14,16	8,74	3,21	0,501	1,287	0,514	0,153
DDT totale	41,89	37,96	19,08	33,23	2,205	3,451	1,122	1,582
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
γ-HCH	0,09	<0,05	0,22	<0,05	0,005	<0,001	0,013	<0,001
δ-HCH	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,001	0,012	<0,001	<0,001
HCH totale	0,09	0,13	0,22	0,17	0,005	0,012	0,013	0,008
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	1,12	0,70	0,01	0,85	0,059	0,064	0,001	0,041
T-eptacloro	0,21	0,02	<0,05	<0,05	0,011	0,002	<0,001	<0,001
Endrin	1,39	<0,05	<0,05	<0,05	0,073	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Totale	2,72	0,72	0,01	0,85	0,143	0,066	0,001	0,041
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	2,88	0,12	<0,05	<0,05	0,151	0,011	<0,001	<0,001
PCB 28	0,52	0,23	<0,05	0,15	0,028	0,021	<0,001	0,007
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	<0,001	<0,001	<0,001	0,007
PCB 52	2,94	0,56	0,32	0,86	0,155	0,050	0,019	0,041
PCB 44	0,89	0,28	0,20	0,49	0,047	0,025	0,012	0,023
PCB 101	0,79	0,72	<0,05	1,54	0,042	0,065	<0,001	0,073
PCB 149	0,71	0,57	0,51	1,28	0,037	0,052	0,030	0,061
PCB 118	0,63	0,44	0,51	1,09	0,033	0,040	0,030	0,052
PCB 153	0,96	0,60	0,92	1,85	0,051	0,055	0,054	0,088
PCB 138	0,66	0,60	0,89	1,38	0,035	0,055	0,052	0,066
PCB 180	0,53	0,36	0,04	0,58	0,028	0,032	0,002	0,027
PCB 170	0,32	0,21	<0,05	0,33	0,017	0,019	<0,001	0,016
PCB 194	0,11	<0,05	<0,05	0,05	0,006	<0,001	<0,001	0,002
PCB totale	11,95	4,67	3,39	9,74	0,629	0,424	0,199	0,464

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

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,79	0,52	3,53	<0,05	0,012	0,016	0,122	<0,001
pp-DDT	3,10	8,46	<0,05	2,87	0,045	0,256	<0,001	0,075
op-DDE	0,53	1,05	<0,05	2,95	0,008	0,032	<0,001	0,078
pp-DDE	4,05	9,85	0,19	21,09	0,059	0,298	0,007	0,555
op-DDD	1,01	5,61	5,51	0,37	0,015	0,170	0,190	0,010
pp-DDD	2,93	19,50	15,59	3,68	0,043	0,591	0,538	0,097
DDT totale	12,41	44,99	24,82	30,96	0,181	1,363	0,856	0,815
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	0,10	<0,05	<0,05	0,32	0,001	<0,001	<0,001	0,008
β-HCH	0,20	0,11	<0,05	<0,05	0,003	0,003	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,19	<0,05	0,55	<0,05	0,003	<0,001	0,019	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,49	0,11	0,55	0,32	0,007	0,003	0,019	0,008
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	1,07	0,36	<0,05	1,52	0,016	0,011	<0,001	0,040
T-eptacloro	<0,05	0,21	0,59	<0,05	<0,001	0,006	0,020	<0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	0,000	<0,001	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,000	0,000	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	1,07	0,56	0,59	1,52	0,016	0,017	0,020	0,040
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 28	0,45	0,26	<0,05	0,98	0,007	0,008	<0,001	0,026
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	0,98	<0,001	<0,001	<0,001	0,026
PCB 52	1,93	2,16	3,82	8,79	0,028	0,065	0,132	0,231
PCB 44	0,72	0,76	1,20	2,79	0,010	0,023	0,041	0,073
PCB 101	3,97	5,50	0,09	19,76	0,058	0,167	0,003	0,520
PCB 149	2,64	3,05	6,99	11,89	0,039	0,092	0,241	0,313
PCB 118	4,11	5,92	7,55	27,07	0,060	0,179	0,260	0,712
PCB 153	5,90	5,48	14,61	26,71	0,086	0,166	0,504	0,703
PCB 138	5,07	6,03	10,84	23,73	0,074	0,183	0,374	0,624
PCB 180	2,88	2,63	0,06	4,83	0,042	0,080	0,002	0,127
PCB 170	1,30	1,28	0,03	2,44	0,019	0,039	0,001	0,064
PCB 194	0,65	0,03	<0,05	0,80	0,009	0,001	<0,001	0,021
PCB totale	29,90	33,10	45,20	130,77	0,437	1,003	1,559	3,441

Tabella 4.8. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Boesio.

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,26	2,05	0,99	1,66	0,003	0,028	0,016	0,026
pp-DDT	0,47	3,24	<0,05	10,60	0,006	0,044	<0,001	0,163
op-DDE	0,22	0,30	<0,05	1,14	0,003	0,004	<0,001	0,018
pp-DDE	0,89	4,00	<0,05	6,49	0,012	0,054	<0,001	0,100
op-DDD	0,21	0,47	0,63	0,61	0,003	0,006	0,010	0,009
pp-DDD	0,59	6,81	4,57	1,07	0,008	0,092	0,076	0,017
DDT totale	2,64	16,85	6,18	21,58	0,035	0,228	0,103	0,332
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	0,07	0,06	<0,05	0,03	0,001	0,001	<0,001	<0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	0,27	<0,05	0,43	<0,001	0,004	<0,001	0,007
HCH totale	0,14	0,33	<0,05	0,46	0,002	0,004	<0,001	0,007
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,24	0,74	<0,05	1,53	0,003	0,010	<0,001	0,024
T-eptacloro	0,04	0,20	0,73	0,36	0,001	0,003	0,012	0,006
Endrin	0,42	<0,05	<0,05	4,11	0,006	<0,001	<0,001	0,063
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Totale	0,70	0,94	0,73	6,00	0,009	0,013	0,012	0,092
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	1,73	0,23	<0,05	<0,05	0,023	0,003	<0,001	0,000
PCB 28	0,57	0,57	<0,05	1,19	0,008	0,008	<0,001	0,018
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	1,19	<0,001	<0,001	<0,001	0,018
PCB 52	2,20	1,04	2,32	2,33	0,029	0,014	0,039	0,036
PCB 44	0,64	0,42	1,23	1,25	0,009	0,006	0,021	0,019
PCB 101	0,77	2,02	<0,05	4,66	0,010	0,027	<0,001	0,072
PCB 149	0,57	1,66	5,17	4,41	0,008	0,022	0,086	0,068
PCB 118	0,50	2,31	6,45	4,49	0,007	0,031	0,107	0,069
PCB 153	0,83	2,48	8,94	5,22	0,011	0,034	0,149	0,080
PCB 138	0,67	2,50	9,09	5,19	0,009	0,034	0,152	0,080
PCB 180	0,53	2,09	0,05	3,20	0,007	0,028	0,001	0,049
PCB 170	0,18	0,95	0,04	1,07	0,002	0,013	0,001	0,016
PCB 194	0,15	<0,05	<0,05	0,58	0,002	<0,001	<0,001	0,009
PCB totale	9,36	16,26	33,29	34,77	0,125	0,220	0,555	0,535

Tabella 4.9. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Bardello.

	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006	aprile 2005	luglio 2005	ottobre 2005	gennaio 2006
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	<0,05	0,23	<0,05	0,36	<0,001	0,008	<0,001	0,011
pp-DDT	0,42	<0,05	<0,05	1,54	0,010	0,000	<0,001	0,048
op-DDE	0,43	0,53	<0,05	2,57	0,010	0,020	<0,001	0,080
pp-DDE	0,53	5,11	0,14	7,20	0,012	0,189	0,005	0,225
op-DDD	0,17	0,61	0,23	1,82	0,004	0,022	0,008	0,057
pp-DDD	0,15	6,22	2,77	3,31	0,003	0,230	0,096	0,103
DDT totale	1,69	12,69	3,15	16,80	0,039	0,470	0,108	0,525
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,45	<0,001	<0,001	<0,001	0,014
β-HCH	0,03	<0,05	<0,05	0,82	0,001	<0,001	<0,001	0,026
γ-HCH	0,06	<0,05	<0,05	0,11	0,001	<0,001	<0,001	0,004
δ-HCH	<0,05	0,18	<0,05	1,30	<0,001	0,007	<0,001	0,041
HCH totale	0,09	0,18	<0,05	2,69	0,002	0,007	<0,001	0,084
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,18	0,78	0,06	1,29	0,004	0,029	0,002	0,040
T-eptacloro	0,11	0,41	0,30	2,91	0,002	0,015	0,011	0,091
Endrin	<0,05	<0,05	3,44	1,32	<0,001	<0,001	0,118	0,041
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	0,000	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Totale	0,28	1,19	3,80	5,52	0,006	0,044	0,131	0,172
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	2,67	0,72	<0,05	<0,05	0,061	0,027	<0,001	<0,001
PCB 28	0,55	2,09	<0,05	2,41	0,013	0,077	<0,001	0,075
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	2,48	<0,001	<0,001	<0,001	0,078
PCB 52	1,68	2,95	0,40	5,08	0,038	0,109	0,014	0,159
PCB 44	0,60	1,11	0,57	2,90	0,014	0,041	0,020	0,090
PCB 101	0,47	3,91	0,78	9,13	0,011	0,145	0,027	0,285
PCB 149	0,30	3,16	1,71	6,67	0,007	0,117	0,059	0,208
PCB 118	0,30	2,37	2,20	9,67	0,007	0,088	0,076	0,302
PCB 153	0,46	5,26	3,44	8,34	0,011	0,195	0,119	0,261
PCB 138	0,37	5,29	3,96	10,48	0,009	0,196	0,137	0,327
PCB 180	0,25	3,28	0,06	3,58	0,006	0,121	0,002	0,112
PCB 170	0,15	1,57	0,04	1,52	0,003	0,058	0,002	0,047
PCB 194	0,07	0,03	0,00	0,84	0,002	0,001	<0,001	0,026
PCB totale	7,87	31,73	13,15	63,08	0,180	1,175	0,454	1,971

Per quanto concerne il Margorabbia (Tabella 4.4) si osserva una modesta contaminazione da composti organoclorurati con qualche eccezione per i valori di PCB osservati nei campionamenti di aprile e luglio 2005. Tale contaminazione si riduce normalizzando le concentrazioni rispetto al carbonio organico contenuto (valori pari a 0,1-0,4 ng mg⁻¹).

Per il Fiume Tresa (Tabella 4.5) la contaminazione da DDT e altri insetticidi risulta anche in questo caso modesta e quella da PCB è contenuta tra 4 e 17 ng g⁻¹, in accordo con quanto evidenziato negli anni precedenti (CIP AIS, 2002; 2003; 2004 e 2005).

Per il Fiume Toce (Tabella 4.6) è evidente la contaminazione da DDT, anche se sostanzialmente in calo rispetto agli anni passati, con una prevalente presenza di pp'DDT (valori compresi tra 20 e 40 ng g⁻¹); la diminuzione dei valori osservati sembra essere in accordo con un regime di magra osservato per tutto l'anno idrologico che non ha favorito il trasporto di materiale contaminato dal sito industriale di provenienza, né l'eventuale risospensione dei sedimenti. La contaminazione degli altri composti organoclorurati è risultata molto modesta. Normalizzando rispetto al contenuto di carbonio organico, le concentrazioni di DDT osservate risultano maggiori, comprese tra 1,2 e 3,4 ng mg⁻¹, in quanto il contenuto di carbonio organico di questo fiume è scarso.

I campioni di sedimento del Ticino emissario (Tabella 4.7) evidenziano in questo anno una discreta contaminazione da DDT, compresa tra 10 e 50 ng g⁻¹ che, normalizzando rispetto al carbonio organico, si contiene in valori compresi tra 0,2 e 1,4 ng mg⁻¹, quindi molto variabile nel tempo. Per quanto concerne i PCB, i livelli sono in alcuni casi elevati e variano da 30 a 130 ng g⁻¹ con un picco osservato nel campionamento di gennaio 2006. Anche in questo caso si conferma la contaminazione di questo fiume, anche se con elevate variazioni temporali. La contaminazione da PCB non è tuttavia da imputare al Fiume Toce e va ricercata in altri fonti quali: presenza di fonti locali associabili ad immissioni dirette nelle acque del lago da aree industriali o impianti di depurazione; contributi di altri immissari del Lago Maggiore, quali il Bardello e il Boesio; fenomeni di trasporto ed erosione di particolato contaminato derivante dalla parte più a Sud del lago che confluiscono verso l'emissario. Quest'ultima ipotesi sarebbe confermata anche dai risultati delle analisi condotte sulla carota 28 raccolta nella parte più a Sud del lago nel giugno 2001 (CIP AIS, 2002).

Le analisi dei campioni del Fiume Boesio (Tabella 4.8) evidenziano per il DDT valori compresi tra 2 e 22 ng g⁻¹; in particolar modo il campione di gennaio 2006 si mette in evidenza per la presenza di pp'DDT. Tale contaminazione si è verificata anche nel corso dell'anno precedente (CIP AIS, 2005). I lavori di sistemazione delle rive del fiume avvenuti con consistenti mobilitazioni di materiale terroso dalle sponde potrebbero in parte spiegare le elevate concentrazioni, in quanto hanno reso possibile la risospensione di sedimenti più contaminati e depositi in epoche passate quando la contaminazione da DDT nel Lago Maggiore aveva assunto livelli molto più elevati.

La contaminazione da DDT del Fiume Bardello (Tabella 4.9) è compresa tra 2 e 17 ng g⁻¹ e risulta quindi più elevata rispetto a quella degli anni precedenti (CIP AIS, 1999; 2002; 2003; 2004 e 2005).

Per quanto concerne i PCB, la contaminazione risulta superiore a quella di fondo per entrambi i fiumi Boesio e Bardello e tali livelli rimangono superiori a quelli dei fiumi non contaminati anche per i dati normalizzati per il carbonio organico.

Altri insetticidi organoclorurati (trans-eptacloroepossido, dieldrin, endrin, mirex e metoxyclo) sono risultati per lo più assenti (< 0,1 ng g⁻¹) e anche la concentrazione di HCB è trascurabile.

In conclusione si può affermare che per i fiumi Maggia, Margorabbia e Tresa la contaminazione da DDT è contenuta ed è proporzionale all'arricchimento in carbonio

organico del sedimento. Al contrario i fiumi Toce, Verzasca, Boesio, Bardello e Ticino emissario risultano contaminati da DDT, e la spiegazione di tale situazione non è sempre chiara: per il Toce, le concentrazioni elevate possono essere causate dall'apporto dovuto al dilavamento del terreno presso l'insediamento produttivo di Pieve Vergonte, mentre la rimobilizzazione di sedimenti contaminati dalle sponde può essere la causa dei livelli riscontrati per il Boesio. Per il Ticino emissario, ci si deve riferire agli apporti derivanti dai tributari a lago. Per i fiumi Verzasca e Bardello non ci sono attualmente spiegazioni.

Per i PCB i livelli osservati nel Ticino emissario potrebbero essere in parte imputabili agli apporti di Verzasca, Boesio e Bardello e alla presenza di altre fonti locali di contaminazione o soprattutto all'erosione di particellato contaminato dalla parte più a Sud del lago.

Bibliografia

- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 81 pp.
- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2001 - marzo 2002*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2002 - marzo 2003*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIP AIS. 2004. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2003 - marzo 2004*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 78 pp.
- CIP AIS. 2005. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2004 - marzo 2005*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 76 pp.

5. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE

Al fine di stimare il contributo degli apporti atmosferici alla contaminazione da composti organoclorurati nel bacino del Lago Maggiore, è proseguita l'attività di campionamento delle deposizioni *bulk* in quattro aree significative: due in Italia, più vicine alla fonte di 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 da maggio 2005 ad aprile 2006. Nel periodo in studio sono stati raccolti 12 campioni di precipitazioni per le stazioni italiane e 11 campioni per quelle svizzere, in quanto nel mese di maggio 2005 non si sono riscontrati eventi di pioggia a Locarno Monti e i campioni di settembre e ottobre di Robiei sono stati unificati per errore di campionamento. La raccolta e la preparazione dei campioni medi ponderati è stata condotta dal CNR-ISE per le stazioni italiane e dal UPDA-SPAAS per quelle svizzere.

La concentrazione e l'analisi dei campioni (sino a 2 litri in accordo con la quantità campionata) 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 PCB. 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. L'analisi è stata condotta utilizzando la tecnica GC-MS/MS (Trace 2000 - PolarisQ della ThermoElectron).

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 concentrazioni di DDT sono generalmente molto contenute rispetto agli anni precedenti (CIP AIS, 2002; 2003; 2004 e 2005); il carico maggiore si osserva nei mesi invernali, tra dicembre 2005 e febbraio 2006; i composti prevalentemente presenti sono il pp'DDT e il pp'DDE. In merito al DDT totale, il carico annuale misurato a Pallanza ($0,03 \text{ ng cm}^{-2}$) è del 50% più basso rispetto a quello stimato nelle due annualità precedenti 2003-2004 e 2004-2005 (pari a $0,07\text{-}0,08 \text{ ng cm}^{-2}$) ed è pari al 25% di quello determinato nel 2002-2003. Quindi è confermato il trend in discesa del carico del DDT totale misurato nella stazione di Pallanza.

Tra gli isomeri del HCH è prevalente la presenza del gamma isomero, il lindano, considerato il più volatile tra i composti dell'HCH analizzati. Il carico annuale nella stazione di Pallanza per questi inquinanti (pari a $0,1 \text{ ng cm}^{-2}$) è simile a quello determinato nelle annualità precedenti. L'HCB è l'unico altro insetticida organoclorurato frequentemente presente (carico $0,023 \text{ ng cm}^{-2}$) con concentrazioni simili a quelle degli anni precedenti. Per i PCBs il carico calcolato per Pallanza ($0,280 \text{ ng cm}^{-2}$) è circa doppio rispetto a quello delle due annualità precedenti (CIP AIS, 2004 e 2005).

Per quanto concerne la stazione di Alpe Devero (Tabelle 5.2 e 5.6), i risultati rivelano una contaminazione molto simile a quella misurata a Pallanza. I carichi annuali di DDT e HCB sono pari rispettivamente a circa $0,08$ e $0,04 \text{ ng cm}^{-2}$ con valori maggiori misurati nel mese di dicembre 2005, mese successivo ad un periodo di scarsa piovosità tardo autunnale. Il carico di lindano e di PCBs sono circa 1,5 volte quelli misurati a Pallanza, riaffermando il fenomeno di ricondensazione ad alta quota dei composti organoclorurati più volatili.

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

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2005								Anno 2006			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,39	<0,05	<0,05	0,49	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,64	0,17	<0,05
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,46	<0,05	<0,05	0,47	0,04
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,68	0,32	<0,05	0,65	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,68	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDT totale	-	-	-	-	-	-	1,07	1,31	0,32	1,13	1,29	0,04

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,04	<0,05	<0,05	0,32	0,26	0,47
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,35	0,25	<0,05	<0,05	1,06
γ-HCH	0,75	<0,05	<0,05	<0,05	1,72	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,39	0,62	1,07
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,26	<0,05
HCH totale	0,75	-	-	-	1,72	-	3,04	0,35	0,25	0,71	1,15	2,60

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,22	0,03	0,08	0,09	0,14	<0,05	0,28	0,62	0,42	0,30	0,73	0,19
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoxyclo	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
totale	0,22	0,03	0,08	0,09	0,14	-	0,28	0,62	0,42	0,30	0,73	0,19

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,30	2,74	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	<0,05	<0,05	0,15	0,22	0,10	0,17	1,03	0,49	0,34	<0,05	0,68	0,35
PCB 31	<0,05	<0,05	0,18	0,14	<0,05	0,07	0,83	0,40	0,34	<0,05	0,32	0,34
PCB 52	<0,05	0,36	0,92	0,22	1,21	3,15	17,59	0,53	4,31	2,37	0,38	0,16
PCB 44	<0,05	<0,05	0,08	0,09	0,06	0,19	1,28	0,60	0,18	0,24	<0,05	<0,05
PCB 101	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	0,27	0,93	0,51	<0,05	<0,05	0,37	<0,05
PCB 149	<0,05	<0,05	0,10	0,08	<0,05	0,20	1,02	0,30	0,15	0,13	0,26	0,07
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	0,0569	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,24	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 153	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,11	0,83	0,26	0,26	0,16	0,39	0,16
PCB 138	0,12	0,04	<0,05	<0,05	0,03	0,22	1,09	0,22	0,14	0,12	0,23	0,11
PCB 180	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,08	0,93	0,17	0,11	0,10	0,27	0,08
PCB 170	<0,05	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	0,09	0,64	0,17	0,06	0,08	0,23	0,04
PCB 194	<0,05	<0,05	0,04	<0,05	<0,05	0,05	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCBs totali	0,30	0,40	1,56	0,87	1,50	4,92	29,13	3,65	6,11	3,20	3,12	1,31

Tabella 5.2. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2005								Anno 2006			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,31	0,19
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,66	0,31	0,41	0,13	0,51
pp-DDE	<0,05	<0,05	0,04	0,02	<0,05	<0,05	0,09	0,56	0,67	0,11	0,17	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,33	0,58	<0,05	0,18	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05
DDT totale	-	-	0,04	0,15	-	-	0,09	1,56	1,56	0,52	0,89	0,69

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,24	0,42	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,19
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,21	0,27	<0,05	0,05	0,48
γ-HCH	0,85	<0,05	0,71	<0,05	1,39	1,94	1,71	0,43	0,60	<0,05	0,73	0,47
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HCH totale	1,16	-	0,71	-	1,39	2,19	2,13	0,65	0,87	-	0,77	1,14

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,17	<0,05	0,14	0,22	0,18	0,11	0,52	0,46	0,32	0,26	0,31	0,32
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,61	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoxyclo	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
totale	0,17	-	0,14	0,22	0,18	0,11	1,12	0,46	0,32	0,26	0,31	0,32

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	<0,05	0,07	<0,05	0,29	<0,05	0,48	1,33	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	0,08	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	0,15	0,62	0,30	0,23	0,19	0,23	0,16
PCB 31	0,09	0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,13	0,88	0,42	0,32	0,19	0,19	0,11
PCB 52	0,18	0,42	0,44	1,36	4,14	2,46	10,71	0,38	0,62	1,67	0,18	0,15
PCB 44	<0,05	<0,05	0,03	0,06	0,05	0,17	1,82	0,52	0,34	0,13	0,19	0,17
PCB 101	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	0,14	0,15	<0,05	0,38	0,65	<0,05	0,06	<0,05
PCB 149	<0,05	<0,05	0,03	0,07	0,08	0,14	1,10	0,24	0,13	0,12	<0,05	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,17
PCB 153	<0,05	<0,05	0,04	<0,05	0,05	0,14	0,99	0,14	0,11	0,15	0,06	0,11
PCB 138	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,21	1,75	0,14	0,16	0,08	0,13	0,12
PCB 180	<0,05	<0,05	0,02	0,03	0,04	0,08	1,01	0,09	0,13	0,09	0,07	0,06
PCB 170	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,27	0,10	0,08	0,04	0,07	0,06
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	0,02	0,02	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCBs totali	0,47	0,56	2,13	3,06	5,83	5,50	20,59	2,70	2,79	2,66	1,25	1,09

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 2005								Anno 2006			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	ND	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	0,31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,59	0,16
op-DDE	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,34	0,26	0,22	0,10	<0,05
pp-DDE	ND	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,35	0,99	0,19	0,13	0,07
op-DDD	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	<0,05
pp-DDD	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDT totale	ND	-	0,09	-	-	0,31	-	0,69	1,25	0,41	0,99	0,23

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	0,26	0,18	<0,05	0,16
β-HCH	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,75	0,86
γ-HCH	ND	<0,05	1,40	<0,05	1,07	1,60	1,02	<0,05	0,96	0,46	0,77	0,94
δ-HCH	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,22	<0,05
HCH totale	ND	-	1,40	-	1,07	1,60	1,02	0,13	1,22	0,64	1,74	1,97

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	ND	0,15	0,09	0,05	0,25	0,08	0,51	0,42	0,23	0,16	0,28	0,05
T-eptacloro	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	ND	<0,05	0,59	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoxyclor	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05
totale	ND	0,15	0,68	0,05	0,25	0,08	0,51	0,42	0,23	0,16	0,35	0,05

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	ND	<0,05	0,25	<0,05	0,05	0,51	3,18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	ND	<0,05	0,11	0,11	0,03	0,24	1,48	0,20	0,31	<0,05	0,17	0,05
PCB 31	ND	<0,05	0,07	0,18	<0,05	0,15	0,96	0,23	0,32	<0,05	0,11	0,04
PCB 52	ND	0,63	2,30	2,23	1,70	11,33	9,97	0,64	4,57	0,21	0,19	0,06
PCB 44	ND	<0,05	0,08	0,11	<0,05	0,30	1,85	0,23	0,20	<0,05	0,13	0,05
PCB 101	ND	0,13	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	0,32	0,27	0,16	0,11
PCB 149	ND	0,15	0,08	0,13	0,11	0,26	1,61	0,13	0,15	0,09	0,20	0,07
PCB 118	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 153	ND	<0,05	<0,05	<0,05	0,23	0,23	1,44	0,04	0,16	0,12	0,29	0,11
PCB 138	ND	0,03	<0,05	0,04	0,21	0,15	0,94	0,10	0,11	<0,05	0,31	0,07
PCB 180	ND	0,05	0,03	0,04	0,09	0,10	0,61	0,05	0,19	0,06	0,15	0,05
PCB 170	ND	<0,05	0,06	0,05	0,04	0,09	0,57	0,08	0,22	0,04	0,10	0,04
PCB 194	ND	0,02	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCBs totali	ND	1,02	3,04	2,89	2,51	13,35	22,61	1,02	6,56	0,78	1,81	0,66

Tabella 5.4. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2005								Anno 2006			
	mag	giu	lug	ago	set/ott		nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	0,28	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,37	0,41	0,41	0,10	<0,05
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,39	<0,05	<0,05	0,22	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,33	0,40	<0,05	0,10	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,27	<0,05
DDT totale	-	-	-	0,28	-		-	1,09	0,81	0,41	0,69	-

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set/ott		nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,50	<0,05	0,15	<0,05	0,35
β-HCH	<0,05	0,80	1,78	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,29	0,08
γ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	1,61	0,61	0,35	0,28	0,68
δ-HCH	2,15	<0,05	0,46	1,46	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HCH totale	2,15	0,80	2,24	1,46	-		-	2,12	0,61	0,50	0,57	1,12

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set/ott		nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,38	0,13	0,17	0,45	0,18		<0,05	0,57	0,28	0,16	0,26	0,18
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,63	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
totale	-	0,13	0,17	0,45	0,18		-	0,57	0,28	0,16	0,88	0,18

PCBs	mag	giu	lug	ago	set/ott		nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,11	<0,05	0,12	0,34	0,13		0,57	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	0,09	<0,05	0,25	0,14	0,08		0,29	0,30	0,19	0,20	0,32	0,24
PCB 31	0,08	<0,05	0,16	0,19	0,21		0,21	0,33	0,18	0,13	0,28	0,11
PCB 52	11,01	1,08	4,63	19,76	2,31		11,92	4,93	0,28	2,03	0,37	0,12
PCB 44	0,09	0,11	0,12	<0,05	0,16		0,75	0,33	0,25	<0,05	0,14	<0,05
PCB 101	0,65	0,21	<0,05	0,10	0,31		1,20	0,49	0,15	0,42	0,73	0,39
PCB 149	0,65	0,65	0,24	0,24	0,25		0,96	0,80	0,17	0,17	0,84	0,17
PCB 118	0,15	<0,05	0,23	<0,05	<0,05		<0,05	0,25	<0,05	<0,05	0,43	<0,05
PCB 153	0,99	0,56	0,41	0,49	0,48		1,24	1,08	<0,05	0,30	1,07	0,56
PCB 138	0,86	0,49	0,57	0,44	0,28		0,63	1,10	0,20	0,34	0,84	0,42
PCB 180	0,73	0,31	0,28	<0,05	0,32		0,72	0,92	0,08	0,22	0,69	0,35
PCB 170	0,37	0,13	0,18	0,17	0,13		0,38	0,66	0,11	0,13	0,40	0,23
PCB 194	0,18	0,05	0,03	0,03	0,03		0,14	<0,05	<0,05	0,24	0,20	<0,05
PCBs totali	15,96	3,60	7,22	21,90	4,69		19,00	11,18	1,59	4,17	6,30	2,59

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

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2005								Anno 2006				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	0,006	<0,001	<0,001	0,007
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	0,001	<0,001	0,008
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,005
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,002	<0,001	0,002	<0,001	0,009
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
DDT totale	-	-	-	-	-	-	0,001	0,009	0,002	0,014	0,004	-	0,033

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,004	0,001	0,005	0,014
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,012	0,016
γ-HCH	0,009	<0,001	<0,001	<0,001	0,040	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,002	0,012	0,068
δ-HCH	<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
HCH totale	0,009	-	-	-	0,040	-	0,004	0,002	0,002	0,009	0,003	0,029	0,099

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,003	<0,001	<0,001	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,004	0,003	0,004	0,002	0,002	0,023
T-eptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,072	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,072
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	-
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	-
totale	0,003	-	-	0,001	0,003	-	0,072	0,004	0,003	0,004	0,002	0,002	0,095

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	0,003	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007
PCB 28	<0,001	<0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	<0,001	0,002	0,004	0,021
PCB 31	<0,001	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	<0,001	0,001	0,004	0,014
PCB 52	<0,001	0,004	0,005	0,003	0,028	0,029	0,024	0,003	0,032	0,029	0,001	0,002	0,161
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,015
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,003	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,009
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,011
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
PCB 153	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,015
PCB 138	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,012
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	0,007
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	0,005
PCB 194	<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
PCBs totali	0,003	0,004	0,008	0,011	0,035	0,046	0,039	0,024	0,045	0,040	0,009	0,015	0,280

Tabella 5.6. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2005								Anno 2006				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
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,002	0,008
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,020	0,002	0,003	0,002	0,004	0,030
pp-DDE	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,017	0,004	0,001	0,002	<0,001	0,025
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,010	0,004	<0,001	0,002	<0,001	0,016
pp-DDD	<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
DDT totale	-	-	0,001	0,004	-	-	-	0,048	0,010	0,003	0,010	0,006	0,082

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,013
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	0,002	<0,001	0,001	0,004	0,013
γ-HCH	0,020	<0,001	0,013	<0,001	0,029	0,022	0,002	0,013	0,004	<0,001	0,009	0,004	0,116
δ-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
HCH totale	0,028	-	0,013	-	0,029	0,025	0,003	0,020	0,005	-	0,009	0,009	0,142

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,004	<0,001	0,003	0,006	0,004	0,001	0,001	0,014	0,002	0,002	0,004	0,003	0,043
T-eptacloro	<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
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
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	-
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	-
totale	0,004	-	0,003	0,006	0,004	0,001	0,001	0,014	0,002	0,002	0,004	0,003	0,043

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	<0,001	0,003	<0,001	0,008	<0,001	0,005	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018
PCB 28	0,002	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,002	0,001	0,009	0,001	0,001	0,003	0,001	0,023
PCB 31	0,002	0,002	<0,001	0,002	<0,001	0,002	0,001	0,013	0,002	0,001	0,002	0,001	0,028
PCB 52	0,004	0,016	0,008	0,039	0,086	0,028	0,014	0,012	0,004	0,011	0,002	0,001	0,226
PCB 44	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,016	0,002	0,001	0,002	0,001	0,030
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,003	0,002	<0,001	0,012	0,004	<0,001	0,001	<0,001	0,021
PCB 149	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,007	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,016
PCB 118	<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
PCB 153	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,012
PCB 138	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,004	0,001	0,001	0,002	0,001	0,016
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	<0,001	0,009
PCB 170	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,003	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,007
PCB 194	<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
PCBs totali	0,011	0,021	0,011	0,058	0,094	0,049	0,026	0,083	0,017	0,018	0,015	0,009	0,410

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 2005								Anno 2006				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	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
pp-DDT	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,002	0,007
op-DDE	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,005
pp-DDE	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,008
op-DDD	ND	<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-DDD	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
DDT totale	ND	-	0,001	-	-	0,002	-	0,004	0,003	0,004	0,004	0,002	0,021

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	<0,001	0,002	0,005
β-HCH	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,009	0,012
γ-HCH	ND	<0,001	0,010	<0,001	0,012	0,010	0,001	<0,001	0,002	0,005	0,003	0,010	0,053
δ-HCH	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001
HCH totale	ND	-	0,010	-	0,012	0,010	0,001	0,001	0,003	0,007	0,008	0,020	0,080

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	ND	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,015
T-eptacloro	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Endrin	ND	<0,001	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,013
Metoxyclor	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Mirex	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
totale	ND	0,002	0,013	0,001	0,003	0,001	-	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,028

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	ND	<0,001	0,002	<0,001	0,001	0,003	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009
PCB 28	ND	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,009
PCB 31	ND	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009
PCB 52	ND	0,011	0,016	0,041	0,019	0,074	0,010	0,004	0,011	0,002	0,001	0,001	0,189
PCB 44	ND	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,002	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,009
PCB 101	ND	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,009
PCB 149	ND	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,014
PCB 118	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
PCB 153	ND	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,010
PCB 138	ND	0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,008
PCB 180	ND	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
PCB 170	ND	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
PCB 194	ND	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
PCBs totali	ND	0,017	0,022	0,053	0,028	0,087	0,022	0,011	0,016	0,008	0,008	0,007	0,279

Tabella 5.8. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2005								Anno 2006				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	-
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	0,004	0,004	0,007	0,002	<0,001	0,017
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,008
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	0,004	0,004	<0,001	0,002	<0,001	0,016
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,005
DDT totale	-	-	-	0,004	-		-	0,013	0,007	0,007	0,012	-	0,051

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set/ott		nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	0,006	<0,001	0,003	<0,001	0,007	0,013
β-HCH	<0,001	0,009	0,062	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,002	0,078
γ-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	0,019	0,006	0,006	0,005	0,014	0,054
δ-HCH	0,035	<0,001	0,016	0,026	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,076
HCH totale	0,035	0,009	0,078	0,026	-		-	0,025	0,006	0,009	0,010	0,022	0,221

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set/ott		nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,006	0,002	0,006	0,008	0,002		<0,001	0,007	0,003	0,003	0,004	0,004	0,046
T-eptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,011	<0,001	0,011
Endrin	0,077	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		0,009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,086
Metoxyclor	<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	-
totale	0,083	0,002	0,006	0,008	0,002		0,009	0,007	0,003	0,003	0,015	0,004	0,143

PCBs	mag	giu	lug	ago	set/ott		nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,002	<0,001	0,004	0,006	0,002		0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,015
PCB 28	0,002	<0,001	0,009	0,002	0,001		0,001	0,004	0,002	0,003	0,006	0,005	0,035
PCB 31	0,001	<0,001	0,005	0,003	0,002		<0,001	0,004	0,002	0,002	0,005	0,002	0,029
PCB 52	0,178	0,013	0,161	0,354	0,027		0,024	0,059	0,003	0,036	0,006	0,002	0,881
PCB 44	0,001	0,001	0,004	<0,001	0,002		0,001	0,004	0,002	<0,001	0,002	<0,001	0,019
PCB 101	0,010	0,002	<0,001	0,002	0,004		0,002	0,006	0,001	0,007	0,013	0,008	0,060
PCB 149	0,011	0,008	0,008	0,004	0,003		0,002	0,009	0,002	0,003	0,015	0,003	0,069
PCB 118	0,002	<0,001	0,008	<0,001	<0,001		<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	0,021
PCB 153	0,016	0,007	0,014	0,009	0,006		0,002	0,013	<0,001	0,005	0,019	0,011	0,105
PCB 138	0,014	0,006	0,020	0,008	0,003		0,001	0,013	0,002	0,006	0,015	0,008	0,098
PCB 180	0,012	0,004	0,010	<0,001	0,004		0,001	0,011	0,001	0,004	0,012	0,007	0,067
PCB 170	0,006	0,002	0,006	0,003	0,002		0,001	0,008	0,001	0,002	0,007	0,005	0,043
PCB 194	0,003	0,001	0,001	0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,003	<0,001	0,016
PCBs totali	0,257	0,042	0,251	0,393	0,055		0,038	0,133	0,015	0,074	0,109	0,052	1,456

Per quanto concerne la stazione svizzera di valle, quella di Locarno (Tabelle 5.3 e 5.7), la contaminazione da DDT è simile a quella delle altre stazioni italiane, evidenziando un fenomeno di livellamento dell'inquinamento presente su tutto il bacino. I carichi annuali di DDT, lindano e PCBs risultano essere simili a quelli di Pallanza. Non si evidenziano andamenti stagionali particolari.

La stazione di Robiei (Tabelle 5.4 e 5.8) in alta quota è caratterizzata da un carico di DDT pari a quello delle stazioni italiane.

Per quanto concerne l'HCH la stazione di Robiei è caratterizzata da un carico 2,5 volte maggiore di quello di Locarno ed è in assoluto quello più elevato misurato in questa annualità, riaffermando il fenomeno di riconsolidazione ad alta quota dei composti più volatili, quali il lindano.

Infine, per i PCB la stazione di Robiei evidenzia un carico annuale pari a 1,5 ng cm⁻² relativamente modesto rispetto alle altre stazioni considerate.

Bibliografia

- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2001 - marzo 2002*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2002 - marzo 2003*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIP AIS. 2004. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2003 - marzo 2004*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 78 pp.
- CIP AIS. 2005. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2004 - marzo 2005*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 76 pp.

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

6.1. Biomonitoraggio con molluschi bivalvi

I bivalvi sono stati prelevati alla fine di aprile 2005 in 14 diverse stazioni di campionamento (Fig. 6.1.1), le stesse già selezionate nel 2004, in modo da valutare l'andamento della contaminazione da DDT soprattutto nella parte centrale del Verbano. Il periodo di campionamento scelto ci ha consentito di valutare il cosiddetto "worst case", in quanto precedenti studi hanno messo in evidenza che, in questa fase dell'anno, *Dreissena polymorpha* possiede la maggior percentuale lipidica (periodo pre-riproduttivo) e gli strati più superficiali della colonna d'acqua dei laghi subalpini presentano la concentrazione maggiore di composti organici persistenti, a causa della risalita delle più inquinate acque ipolimniche avvenuta a fine inverno (Binelli e Provini, 2003; Binelli *et al.*, 2004).

Gli organismi sono stati trasferiti in laboratorio in borse refrigerate e posti in congelatore a -20 °C. Gli individui sono stati successivamente scongelati e, dopo aver misurato la lunghezza della conchiglia, sono stati sgusciati, introdotti in vaschette di alluminio precedentemente tarate e posti successivamente in congelatore a -20 °C.

L'analisi quantitativa e qualitativa dei 6 composti omologhi (DDT) è stata condotta con l'ausilio di un gascromatografo (TRACE GC-ULTRA) accoppiato allo spettrometro di massa Ion-Trap Polaris Q. Le metodiche analitiche seguite sono le stesse degli anni precedenti e testate con opportuni ring-test. Le diverse concentrazioni sono state normalizzate sulla percentuale lipidica.

La Figura 6.1.2 riporta la somma di DDT, con le concentrazioni dei singoli composti per le 14 stazioni di prelievo. Come si può osservare, i livelli più alti sono stati sorprendentemente misurati nella stazione di Pallanza-V.Taranto (1800 ng g⁻¹ lipidi), seguita dagli altri 2 siti di Ghiffa (1300 ng g⁻¹ lipidi) e Intra (1200 ng g⁻¹ g lipidi), posti anch'essi nella zona centrale della sponda occidentale del Verbano. Il sito di campionamento di Baveno (1100 ng g⁻¹ lipidi), quindi, nel 2005 non risulta più essere il punto con la maggiore contaminazione e livelli ancora più bassi sono stati misurati a Suna (800 ng g⁻¹ lipidi), situata a soli 300 m dalla foce del Fiume Toce.

I valori del rapporto pp'DDT/pp'DDE variano tra 0,08 (Cannobio e Intra) e 0,47 (Brescia), indicando ormai un invecchiamento della contaminazione dell'insetticida nell'intero bacino. Dai dati ottenuti nel 2005 risulta come, ad eccezione della zona centrale della sponda piemontese e il sito di Baveno, nel resto del lago la contaminazione dei vari composti di DDT sia piuttosto omogenea, con piccole oscillazioni attorno al valore medio di 800 ng g⁻¹ lipidi.

Entrando più nel dettaglio, gli omologhi maggiormente rilevati sono stati il pp'DDE nelle stazioni di Pallanza-V.Taranto, Cannobio, Ghiffa, Intra, Laveno, Suna, Baveno e Belgirate, mentre nei restanti siti il composto rilevato a concentrazione maggiore è stato il pp'DDD. Per quanto riguarda il composto parentale, invece, il sito che ha mostrato i livelli più elevati è stato Pallanza-V.Taranto (123 ng g⁻¹ lipidi), mentre a Laveno è stato misurato il valore di pp'DDT più basso (29,2 ng g⁻¹ lipidi).

Per un più comodo confronto con i dati 2004, il lago è stato suddiviso in 5 diverse zone, ciascuna delle quali contiene i seguenti siti di prelievo:

Zona Nord: Brissago, Cannobio, Giona

Zona Centro-occidentale: Intra, Pallanza-Villa Taranto, Ghiffa

Zona Centro-orientale: Luino, Caldè, Laveno

Baia di Pallanza: Suna, Baveno, Stresa

Zona Sud: Belgirate, Brebbia.

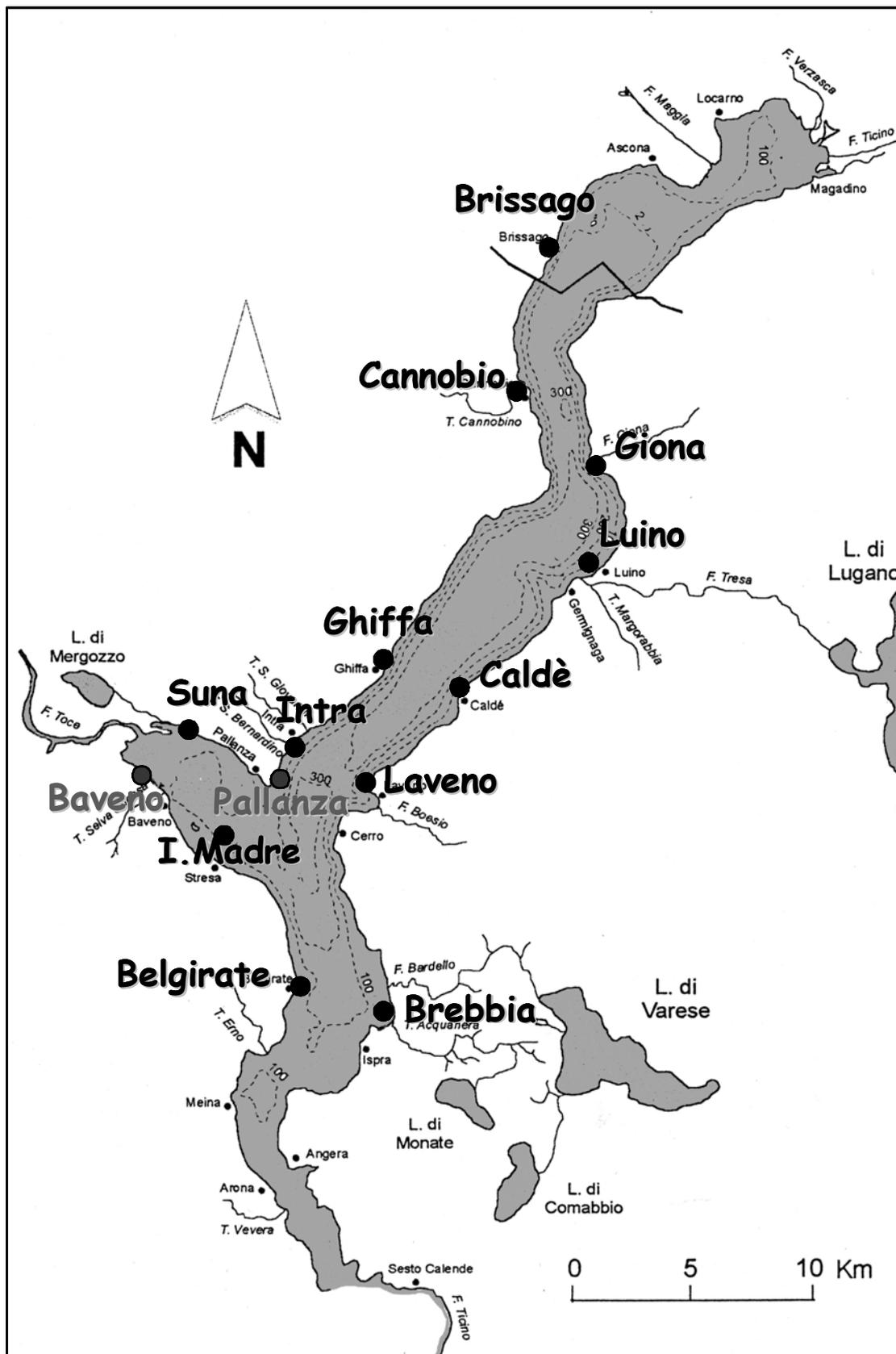


Fig. 6.1.1. Stazioni di campionamento scelte per il prelievo dei bivalvi. In grigio chiaro sono indicati i due siti di prelievo "storici", di cui abbiamo dati a partire dal 1996.

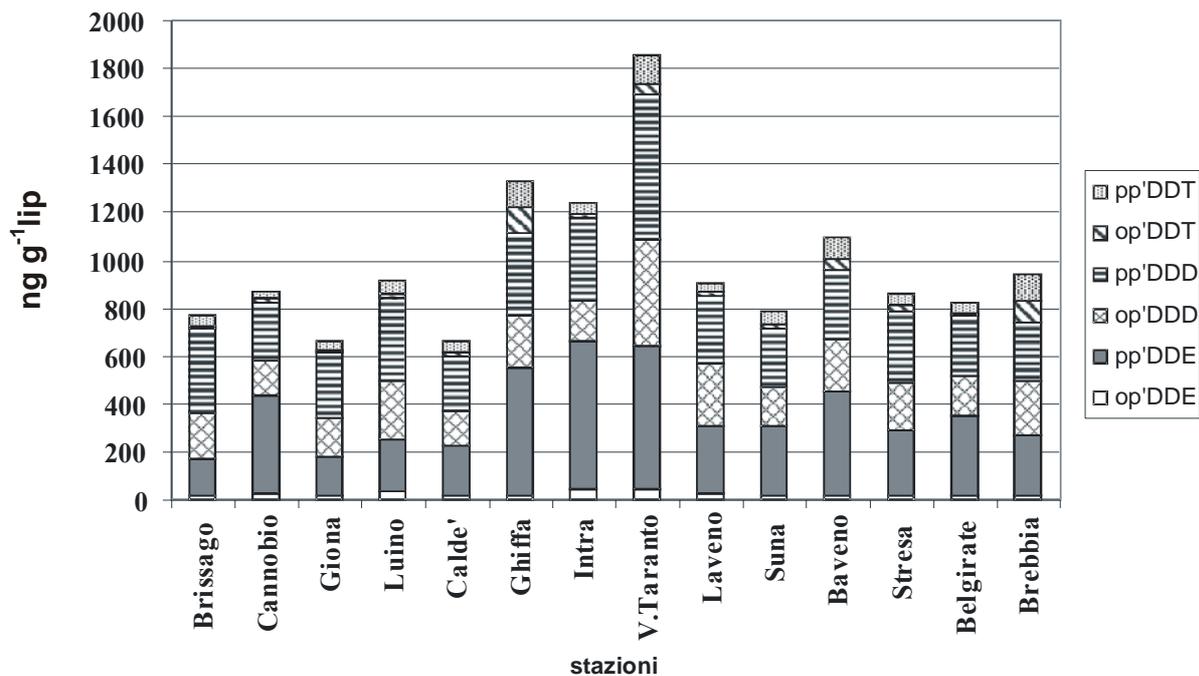


Fig. 6.1.2. Concentrazione totale e dei singoli composti omologhi nelle 14 stazioni di campionamento monitorate.

In Figura 6.1.3 viene riportato il confronto tra le concentrazioni medie ottenute in tali zone della somma di DDT rilevate nelle due campagne di campionamento 2004 e 2005, effettuate nello stesso periodo del ciclo annuale di *Dreissena polymorpha*.

La contaminazione da DDT non si è modificata nell'arco di un anno, almeno nella zona più settentrionale, nella baia e nella zona Sud del lago, mentre si può osservare una sua diminuzione piuttosto consistente (circa il 46% in meno) sulla sponda lombarda, compensata da un aumento quasi speculare nelle 3 stazioni di prelievo poste nell'area centro-occidentale del Verbano. Tale singolare comportamento non ha per il momento alcuna spiegazione, anche se è possibile formulare un'ipotesi più che plausibile. Nel 2004, a seguito di pesanti lavori di regimentazione dell'alveo del Fiume Boesio, che sfocia a Laveno, si è venuta a creare una risospensione dei sedimenti fluviali, con un conseguente aumento della contaminazione da DDT lungo la sponda lombarda, come già spiegato nella relazione CIP AIS (2005). La fine dei lavori sul F. Boesio ha determinato nel 2005 un ritorno a livelli di DDT su questa sponda paragonabili alle zone Nord e Sud del lago (Fig. 6.1.3), mentre tale inquinamento sembrerebbe essersi spostato sulla sponda piemontese, con un effetto di "rimbalzo". I dati 2006 potranno fornire un ulteriore chiarimento a tale fenomeno che, comunque, mette ancora una volta in evidenza l'effetto negativo che qualunque intervento da parte dell'uomo può determinare sulla mobilitazione di tali contaminanti ed il loro trasporto dal bacino imbrifero alla cuvetta lacustre.

Le due stazioni di prelievo di Baveno e Pallanza-V.Taranto sono state campionate costantemente fin dal 1996, permettendo così di ottenere l'andamento della contaminazione da parte dell'insetticida e relativi composti omologhi nell'arco di un decennio (Fig. 6.1.4). Limitandosi agli ultimi 3 anni, si può notare come la concentrazione di DDT sia rimasta praticamente costante nella stazione posta all'interno della Baia di Pallanza, con valori del tutto equivalenti al periodo 1998-99, a testimonianza del fatto che la contaminazione non tende a calare nella zona a maggior rischio ambientale, assistendo solamente alla trasformazione del composto parentale nei suoi metaboliti.

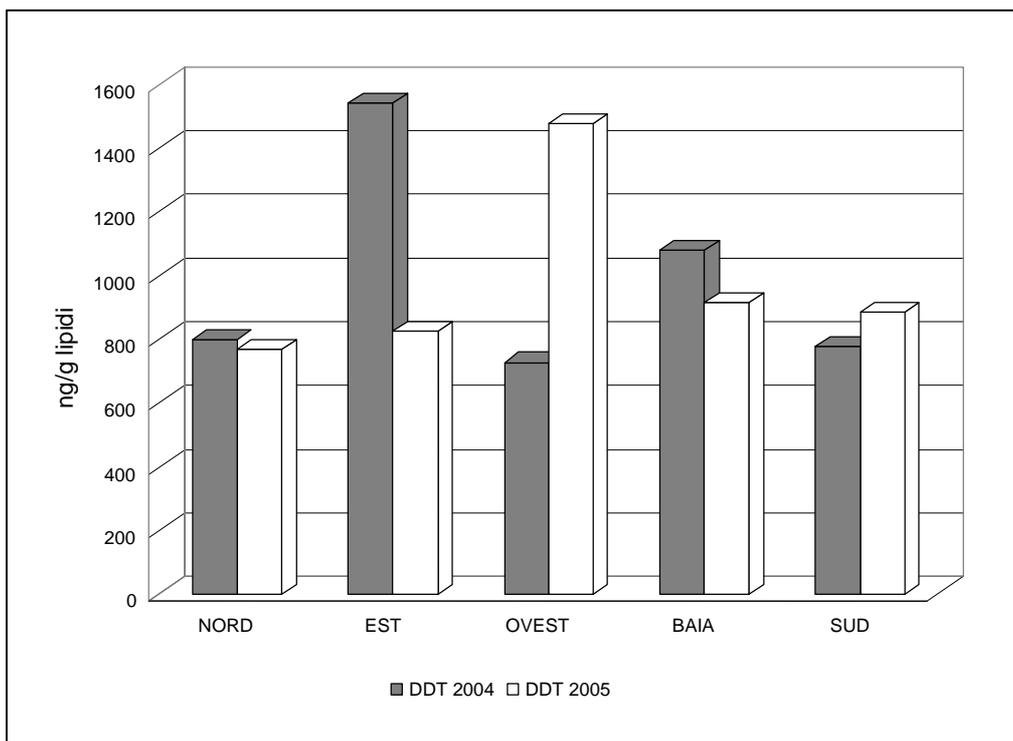


Fig. 6.1.3. Confronto tra le concentrazioni medie della somma dei 6 composti omologhi misurati nel 2004 e 2005.

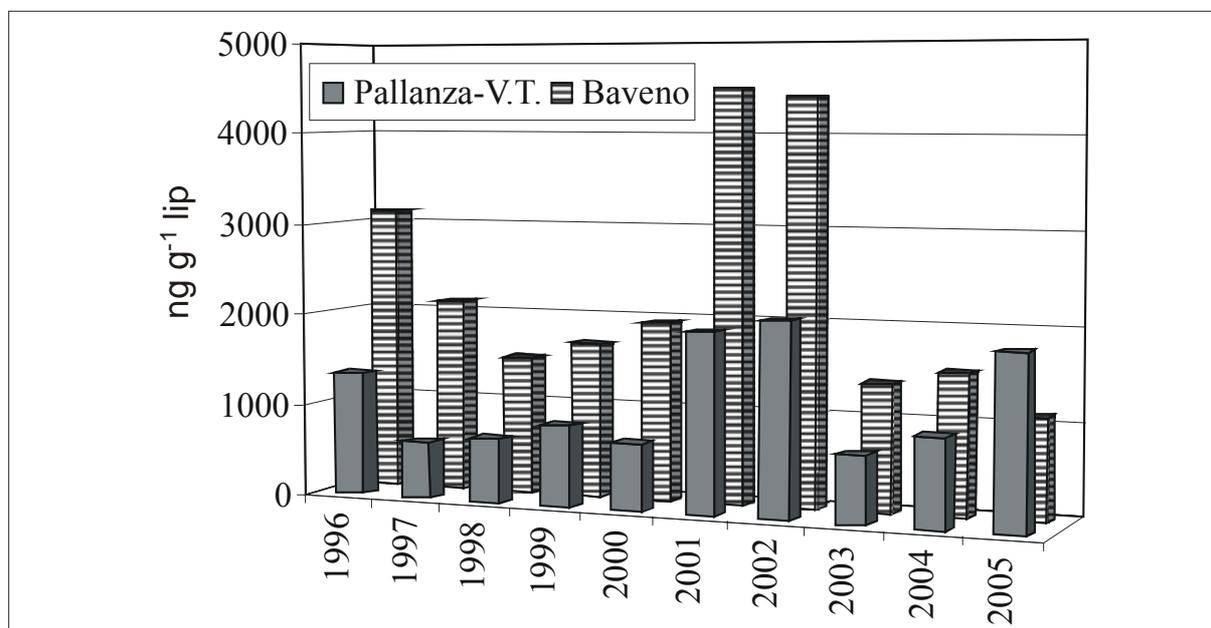


Fig. 6.1.4. Andamento pluriennale della contaminazione da DDT (totale dei 6 omologhi) nelle stazioni di campionamento di Baveno e Pallanza-V.Taranto.

Sorprendentemente, invece, la contaminazione da DDT tende ad aumentare nella stazione di Pallanza-V.Taranto, con un incremento nel 2005 pari a circa due volte e mezzo rispetto al dato 2003. I valori riscontrati nell'ultimo anno di campionamento sono addirittura paragonabili a quelli misurati nel biennio 2001-2002, caratterizzato da una serie di eventi alluvionali che hanno determinato un deciso aumento dell'inquinamento nelle due stazioni considerate (Fig. 6.1.4).

Tutti i dati ottenuti in questi anni mediante il bivalve *Dreissena polymorpha* tendono, dunque, ad indicare come il sistema non sia ancora in equilibrio e che, purtroppo, esistono altre fonti di DDT nel bacino imbrifero del Verbano che determinano nuovi apporti di questi composti nella cuvetta lacustre, tali da mantenere il Lago Maggiore ancora ben lontano dai valori considerati di background (150-200 ng g⁻¹ lipidi) per i grandi laghi subalpini (Binelli *et al.*, 2003).

Bibliografia

- Binelli, A. and A. Provini. 2003. DDT is still a problem in developed Countries: the heavy pollution of Lake Maggiore. *Chemosphere*, 52(4): 717-723.
- Binelli, A., F. Ricciardi and A. Provini. 2004. Present status of POP contamination in Lake Maggiore (Italy). *Chemosphere*, 57(1): 27-34.
- CIP AIS. 2005. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2004 - marzo 2005*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: pp. 76.

6.2. Biomonitoraggio con uova di Svasso maggiore

Le uova di svasso (*Podiceps cristatus*) sono state prelevate a Fondo Toce nell'aprile 2005, raccogliendo un solo uovo per nido. Delle sei uova raccolte due sono state scartate perché contenenti embrione in avanzato stato di sviluppo. Le uova sono state liofilizzate separando l'albume dal tuorlo perché oltre alla determinazione dei DDT e dei PCB, che si concentrano nel tuorlo, è stato determinato anche il mercurio, in collaborazione con la D.ssa Marina Camusso dell'IRSA e i livelli ormonali in collaborazione con la D.ssa Cinta Porte del CSIC di Barcellona.

Per queste due metodiche è stato necessario esaminare separatamente il tuorlo, composto prevalentemente da lipidi e l'albume, in cui predominano le proteine, per valutare quale fosse la matrice più opportuna per l'analisi. I gusci sono stati conservati per la misura dello spessore che viene eseguito in collaborazione con il Prof. Giulio Melone del Dipartimento di Biologia dell'Università di Milano, esperto di microscopia elettronica.

I risultati relativi al peso secco e ai lipidi dei campioni di uova sono riportati nella Tabella 6.2.1.

Tabella 6.2.1. Peso fresco, secco, contenuto lipidico e d'acqua delle uova di svasso.

campione		peso fresco (g)	peso secco (g)	% lipidi	% acqua
1	albume	14,46	1,88	<1	87
	tuorlo	6,16	2,93	54,90	52
2	albume	7,44	1,51	<1	80
	tuorlo	6,02	2,67	55,18	56
3	albume	14,66	0,83	<1	94
	tuorlo	7,56	3,63	58,96	52
4	albume	14,26	1,60	<1	89
	tuorlo	7,60	3,61	56,48	52

I risultati delle analisi dei DDT e dei PCB nelle uova sono riportati nella Tabella 6.2.2. Il composto parentale pp'DDT probabilmente coeluisce con un congenere minore dei PCB e, in ogni caso, non supera la concentrazione di 0,01 mg kg⁻¹ p.s. Anche il pp'DDD, e gli isomeri op' non superano la concentrazione di 0,01 mg kg⁻¹ p.s. Modificando le condizioni analitiche si è accertato che un congenere dei PCB precedentemente identificato come 149, sembra essere, invece il 118, un composto che compare nell'elenco dei PCB "diossina-simili" con un TEF (*Toxic Equivalent Factor*) pari a 0,0001. Questo componente potrebbe essere particolarmente pericoloso per lo sviluppo degli embrioni perché, a differenza di altri PCB "diossina-simili" che sono presenti in quantità così basse da richiedere una metodica particolare per la loro determinazione, esso rappresenta uno dei congeneri principali presenti nelle uova. Un simile accumulo preferenziale di questo congenere era stato già osservato in altri predatori (Andersen *et al.*, 2001).

Rispetto agli anni precedenti, i campioni del 2005 fanno registrare un aumento della contaminazione a carico del pp'DDE (Fig. 6.2.1) mentre per i PCB la situazione sembrerebbe essere stazionaria o in leggero miglioramento. Difficile dire se questo aumento corrisponda ad un incremento della contaminazione nella popolazione di svassi presente a Fondo Toce, dato il numero ridotto di campioni.

Tabella 6.2.2. Livelli di pp'DDE e PCB nelle uova di Svasso maggiore in mg kg⁻¹ p.s.

Uova	1	2	3	4
pp'DDE	32,05	78,12	33,78	45,83
PCB				
95	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
101	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
110	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
151	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
149	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
118	0,650	2,267	0,483	0,075
153	0,720	2,514	0,929	0,178
132	0,312	<0,010	0,241	0,030
138	0,634	2,271	0,848	0,122
187	0,289	1,104	0,491	0,069
183	0,112	0,388	0,144	0,027
128	0,128	<0,010	0,130	0,018
174	0,029	<0,010	<0,010	<0,010
177	0,243	0,108	0,000	0,009
156	0,009	0,166	0,000	0,014
180	0,016	0,727	0,018	<0,010
170	0,283	1,090	0,310	0,061
201	0,095	0,397	0,126	0,021
203	0,057	0,265	0,078	0,014
195	0,037	0,146	0,048	0,007
194	0,113	0,380	0,130	0,028
206	0,021	0,056	0,016	<0,010
PCB tot	3,749	11,879	3,993	0,676

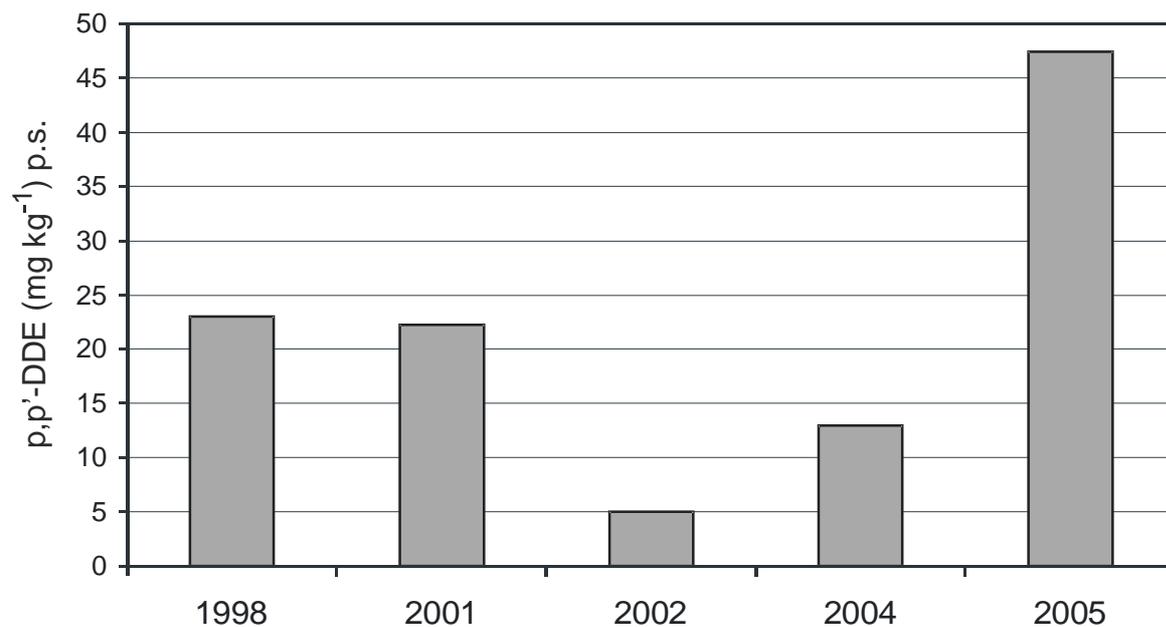


Fig. 6.2.1. Andamento delle concentrazioni di pp'DDE nelle uova di svasso a Fondo Toce.

Bibliografia

Andersen, M., E. Lie, S.E. Belikov, A. Bernhoft, A.N. Boltunov, A.E. Deroche, G.W. Garner, J.U. Skaare and Ø. Wiig. 2001. Geographic variation of selected PCB congeners in polar bear (*Ursus maritimus*) from Svalbard east to Chukchi Sea. *Polar Biol.*, 24: 231-238.

6.3. Indagini sul comparto ittico

Anche nel quinto anno d'indagine i campionamenti delle specie ittiche 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 del lago. Le pescate sono state realizzate in giugno, settembre, dicembre 2005 e in marzo 2006 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 6.3.1 dove sono registrati anche i valori medi di lunghezza e peso delle specie pescate nel periodo in studio. Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi di contenuto lipidico, DDTs, PCBs, esaclorobenzene (HCB) e Hg (Tabelle 6.3.2-6.3.5) con le stesse metodiche già descritte nei precedenti rapporti. Infine, vengono mostrati gli andamenti, a partire dal luglio 2001 e fino al marzo 2006, delle concentrazioni di DDT totale (Figg. 6.3.1–6.3.7), mercurio (Figg. 6.3.8–6.3.14) e PCB totali (Figg. 6.3.15–6.3.21) 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.

Tabella 6.3.1. Specifiche delle specie ittiche campionate nel quinto anno di indagini nelle acque piemontesi (P) e lombarde (L) del Lago Maggiore: numero di individui e sesso, lunghezza e peso medio.

		giugno 2005			settembre 2005			dicembre 2005			marzo 2006		
		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	37	1452	1f	38	1296	0	0	0	1m	36	1136
	L	1m	31	783	3f	36	1361	4m	30	412	5m	29	723
Scardola	P	5m+5f	17	110	8m+2nd	17	108	1m	18	127	9m+1f	32	808
	L	5m+3f	17	95	10f	18	124	10m	18	140	9m+1f	17	108
Cavedano	P	5m+1f	22	338	10f	38	1057	4m	20	114	2m	22	166
	L	3m+4f	21	152	9f	22	181	8m+1f	21	161	6m	23	213
Pesce persico	P	9m+1f	15	65	10m	15	60	4m+6f	16	72	5m+5f	16	74
	L	6m+4f	13	35	10m	14	52	10m	13	38	1m+9f	14	53
Lavarello	P	5m+5f	27	296	3m+7f	29	378	6m+4f	30	388	10m	31	289
	L	1m+9f	23	175	6m+4f	22	179	7m+3f	21	130	8m+2f	21	132
Bondella	P	7m+1f	20	111	3m+7f	23	205	6m+4f	21	133	8m+2f	19	91
	L	5m+5f	23	211	1m+7f	23	186	6m+4f	23	172	8m+2f	19	97
Agone	P	10f	24	153	2m+8f	22	124	10m	23	138	8m+2f	18	75
	L	1m+9f	20	85	10f	20	185	10m	20	179	10m	23	140

Tabella 6.3.2. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel giugno 2005: 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 %	1,00	0,20	1,30	0,80	2,50	0,90	0,90	0,80	2,90	1,80	2,00	2,70	3,50	3,90
op-DDD	0,013	0,005	0,004	0,003	0,013	0,008	0,007	0,005	0,012	0,010	0,011	0,012	0,054	0,028
pp-DDD	0,004	0,001	0,002	0,001	0,033	<0,001	0,004	0,004	0,026	0,014	0,017	0,030	0,098	0,074
op-DDE	<0,01	0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,006	0,006
pp-DDE	0,015	0,003	0,008	0,004	0,032	0,008	0,014	0,012	0,024	0,017	0,019	0,031	0,090	0,068
op-DDT	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,001	<0,001	0,003	0,002	0,003	0,003	0,013	0,008
pp-DDT	0,002	<0,001	<0,001	0,002	0,005	0,001	0,002	0,002	0,004	0,003	0,005	0,005	0,022	0,011
DDT totale	0,035	0,010	0,014	0,010	0,088	0,019	0,028	0,023	0,071	0,048	0,057	0,084	0,283	0,195
PCB28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,004	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003
PCB52	0,002	0,007	0,002	<0,001	0,003	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,005	0,004
PCB101	0,003	0,108	0,002	0,002	0,006	0,005	0,007	0,004	0,010	0,004	0,004	0,004	0,011	0,008
PCB118	0,004	0,195	0,004	0,003	0,008	0,008	0,007	0,005	0,012	0,005	0,006	0,005	0,012	0,011
PCB138	0,004	0,140	0,004	0,002	0,011	0,010	0,007	0,006	0,013	0,007	0,007	0,007	0,014	0,012
PCB153	0,004	0,194	0,004	0,003	0,010	0,007	0,006	0,006	0,012	0,007	0,005	0,006	0,015	0,013
PCB180	0,001	0,036	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005
PCB totale	0,034	0,020	0,013	0,013	0,023	0,031	0,022	0,015	0,033	0,032	0,021	0,030	0,074	0,046
HCB	0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001
Hg	0,473	0,077	0,075	0,041	0,323	0,074	0,146	0,086	0,077	0,097	0,101	0,097	0,232	0,141

Tabella 6.3.3. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel settembre 2005: 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 %	0,32	1,00	0,80	0,96	1,38	1,56	1,06	0,97	2,89	1,79	2,63	2,18	5,74	3,10
op-DDD	0,004	0,008	0,001	0,003	0,011	0,006	0,005	0,003	0,007	0,005	0,008	0,009	0,040	0,050
pp-DDD	0,001	0,004	0,001	0,001	0,003	0,001	0,004	0,003	0,015	0,006	0,018	0,018	0,072	0,074
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,005	0,006
pp-DDE	0,012	0,012	0,004	0,003	0,031	0,008	0,007	0,004	0,010	0,004	0,012	0,011	0,040	0,036
op-DDT	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,009	0,010
pp-DDT	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,004	0,004	0,016	0,017
DDT totale	0,018	0,026	0,006	0,007	0,048	0,015	0,019	0,011	0,038	0,019	0,046	0,046	0,182	0,193
PCB28	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,006	0,006
PCB52	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,010	0,015
PCB101	0,002	0,004	0,001	<0,001	0,005	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,008	0,008
PCB118	0,004	0,006	0,001	0,002	0,008	0,004	0,002	0,001	0,002	0,002	0,004	0,003	0,012	0,014
PCB138	0,007	0,007	0,001	0,002	0,008	0,004	0,002	0,001	0,004	0,003	0,005	0,004	0,012	0,014
PCB153	0,008	0,009	0,001	0,002	0,010	0,005	0,001	0,001	0,004	0,003	0,005	0,004	0,014	0,016
PCB180	0,004	0,002	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,004
PCB totale	0,027	0,031	0,008	0,010	0,039	0,021	0,010	0,005	0,016	0,014	0,023	0,017	0,066	0,077
HCB	<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
Hg	0,471	0,133	0,061	0,035	0,215	0,087	0,095	0,082	0,084	0,069	0,064	0,077	0,160	0,156

Tabella 6.3.4. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel dicembre 2005: 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 %	1,50	1,50	0,86	0,59	1,24	1,84	1,84	1,13	2,15	1,93	1,71	2,07	5,00	1,98
op-DDD	0,01	0,009	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,004	0,006	0,006	0,005	0,008	0,027	0,030
pp-DDD	0,01	0,005	0,002	<0,001	0,003	0,002	0,013	0,004	0,013	0,010	0,008	0,019	0,020	0,029
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	0,006	0,003
pp-DDE	0,01	0,008	0,004	0,002	0,009	0,008	0,010	0,004	0,007	0,007	0,007	0,008	0,050	0,021
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,007	0,010
pp-DDT	0,00	0,002	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,004	0,001	0,003	0,002	0,002	0,004	0,033	0,015
DDT totale	0,024	0,024	0,009	0,006	0,019	0,016	0,038	0,014	0,032	0,027	0,025	0,043	0,143	0,108
PCB28	0,002	0,002	0,004	0,001	0,002	0,003	0,002	<0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005
PCB52	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,004	0,002	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,002	0,004	0,003
PCB101	0,005	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,013	0,007
PCB118	0,006	0,006	0,002	0,003	0,004	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,004	0,021	0,011
PCB138	0,005	0,005	0,002	0,002	0,004	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,024	0,011
PCB153	0,005	0,005	0,002	0,002	0,004	0,005	0,003	0,002	0,004	0,003	0,003	0,004	0,027	0,013
PCB180	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,010	0,005
PCB totale	0,028	0,028	0,015	0,013	0,020	0,029	0,017	0,008	0,017	0,015	0,015	0,020	0,103	0,055
HCB	<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	0,001
Hg	0,085	0,085	0,059	0,036	0,044	0,053	0,098	0,068	0,078	0,057	0,062	0,090	0,161	0,122

Tabella 6.3.5. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel marzo 2006: 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 %	1,73	0,41	4,77	0,61	0,86	1,38	0,75	0,93	1,26	2,24	1,88	1,40	8,11	5,69
op-DDD	0,012	0,008	0,032	0,003	0,010	0,006	0,008	0,008	0,007	0,010	0,010	0,012	0,041	0,054
pp-DDD	0,005	0,002	0,041	0,001	<0,001	0,002	0,007	0,005	0,016	0,012	0,014	0,020	0,044	0,084
op-DDE	0,003	<0,001	0,012	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,004	0,003	0,004	0,006	0,010
pp-DDE	0,028	0,006	0,142	0,004	0,012	0,010	0,014	0,016	0,016	0,028	0,036	0,040	0,028	0,077
op-DDT	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,012	0,015
pp-DDT	0,003	0,001	0,002	<0,001	0,001	<0,001	0,004	0,002	0,004	0,005	0,006	0,004	0,013	0,023
DDT totale	0,051	0,017	0,238	0,008	0,023	0,018	0,037	0,034	0,047	0,062	0,072	0,084	0,144	0,263
PCB28	0,003	0,002	0,004	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,003	<0,001	0,003	0,006	0,004
PCB52	0,003	0,002	0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,008	0,006
PCB101	0,006	0,004	0,013	0,002	0,005	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,009	0,014
PCB118	0,009	0,006	0,019	0,003	0,008	0,006	0,006	0,005	0,004	0,006	0,006	0,006	0,018	0,022
PCB138	0,010	0,005	0,022	0,002	0,008	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,006	0,015	0,022
PCB153	0,010	0,006	0,020	0,002	0,009	0,006	0,006	0,005	0,005	0,007	0,008	0,006	0,015	0,020
PCB180	0,004	0,002	0,005	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005	0,028
PCB totale	0,045	0,027	0,087	0,015	0,040	0,030	0,029	0,028	0,023	0,033	0,030	0,032	0,076	0,116
HCB	0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,003
Hg														

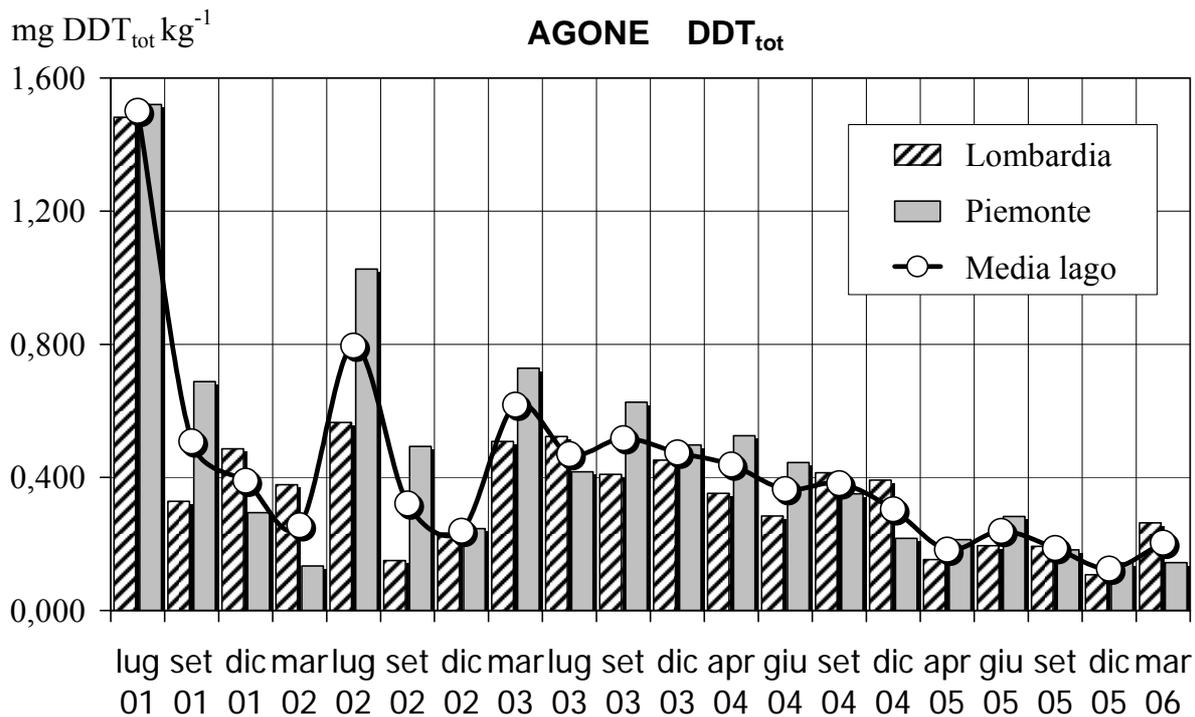


Fig. 6.3.1. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

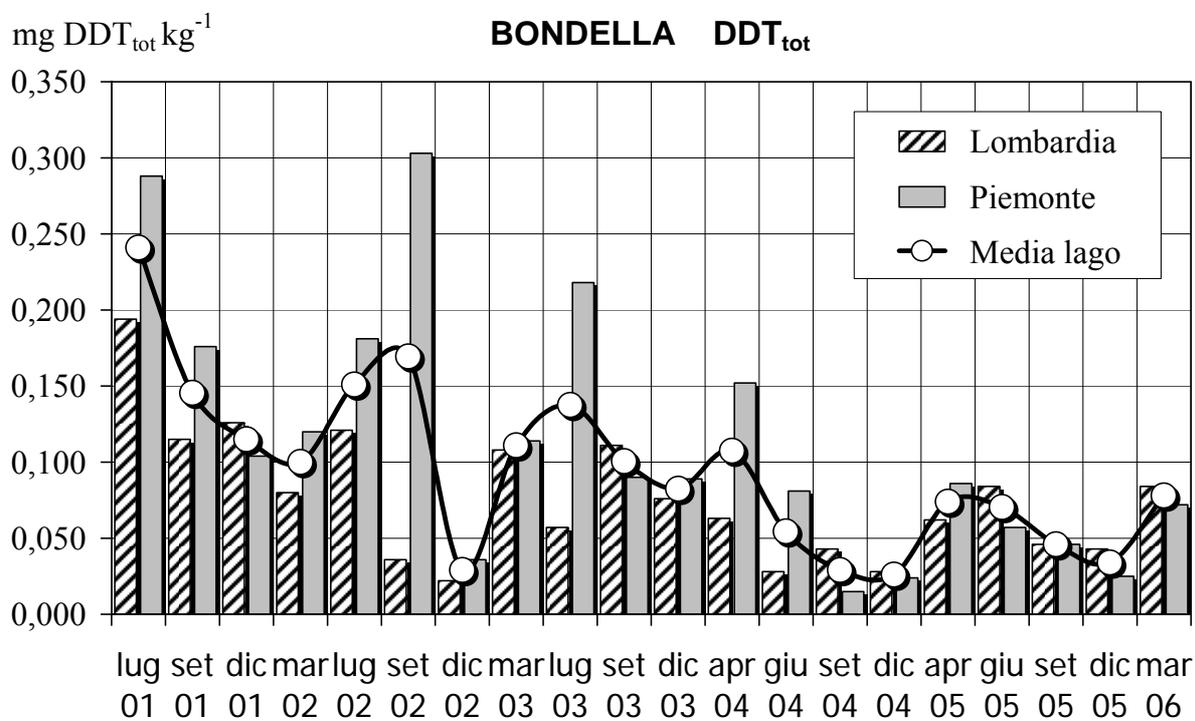


Fig. 6.3.2. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

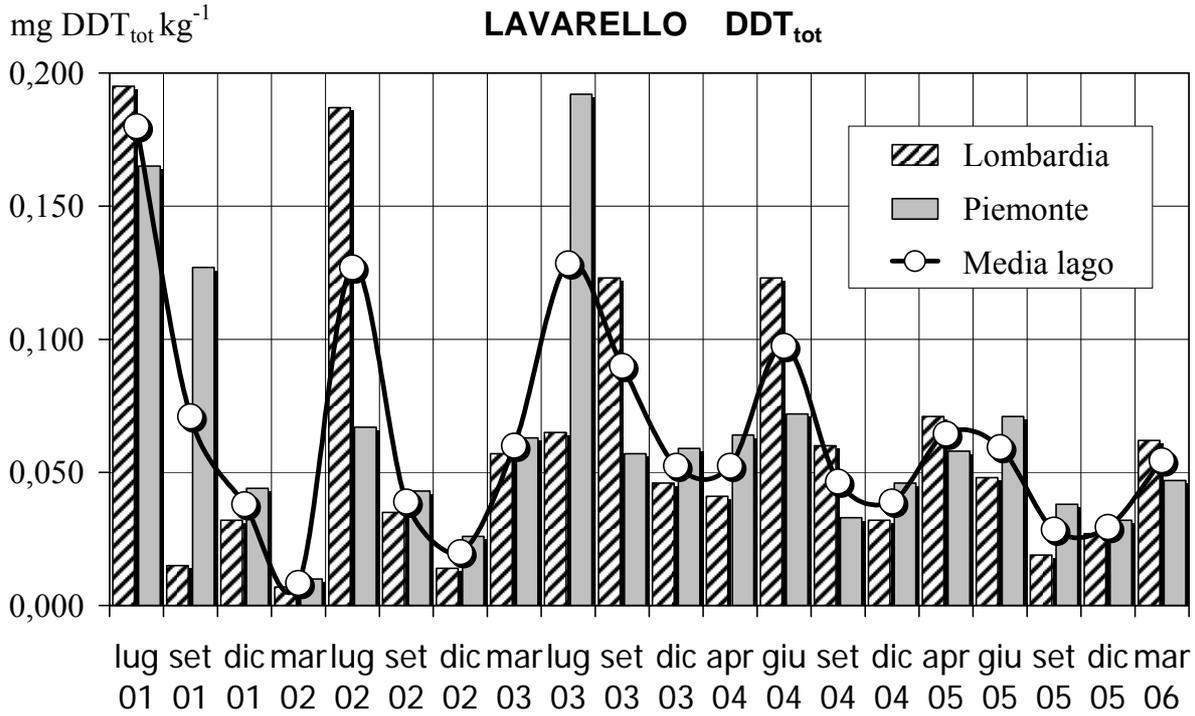


Fig. 6.3.3. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un pool di 10 pesci (solo parte edibile).

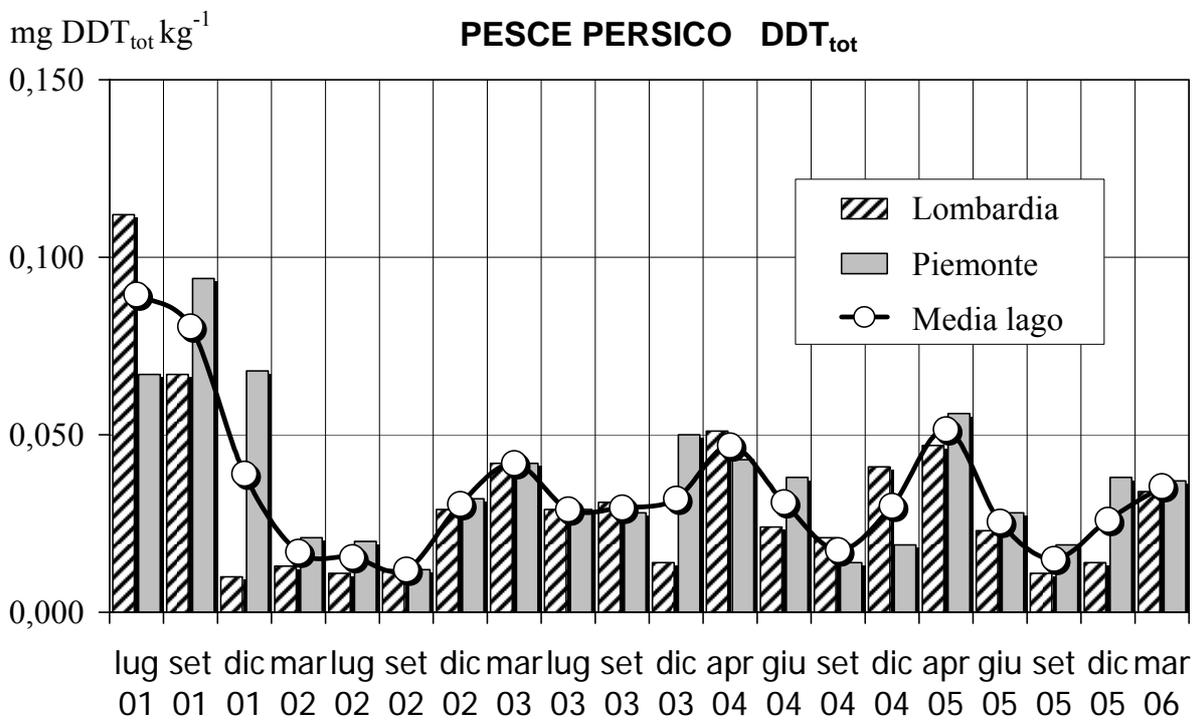


Fig. 6.3.4. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un pool di 10 pesci (solo parte edibile).

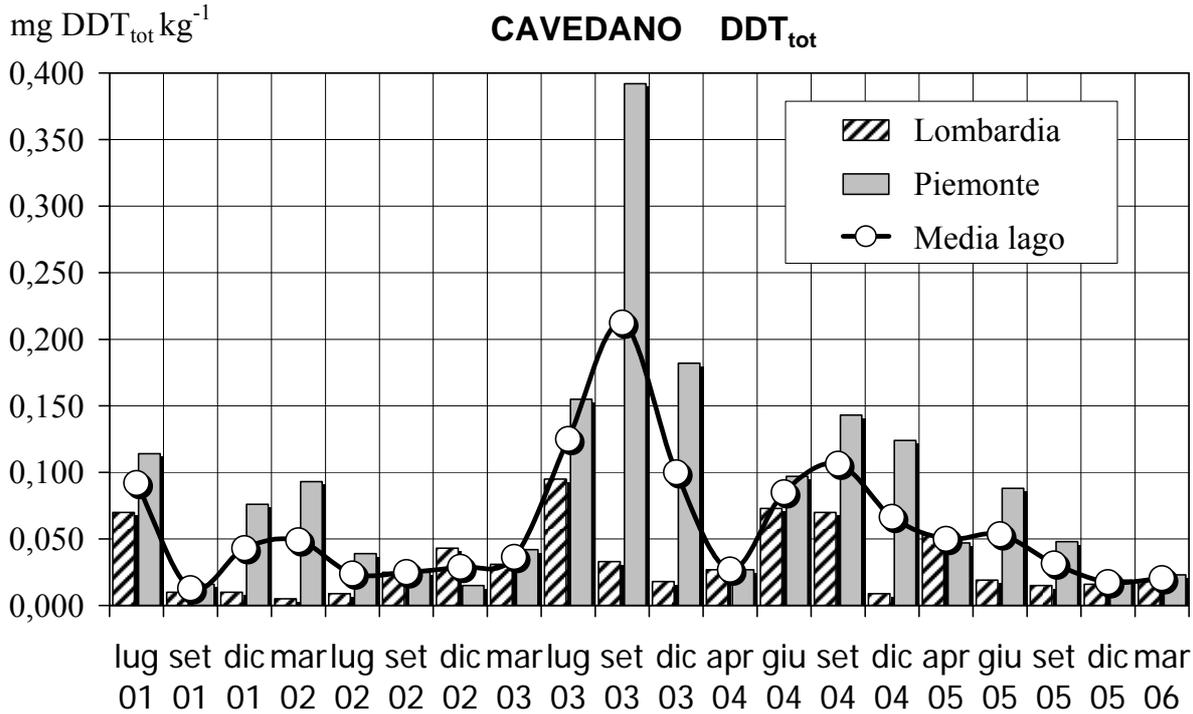


Fig. 6.3.5. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

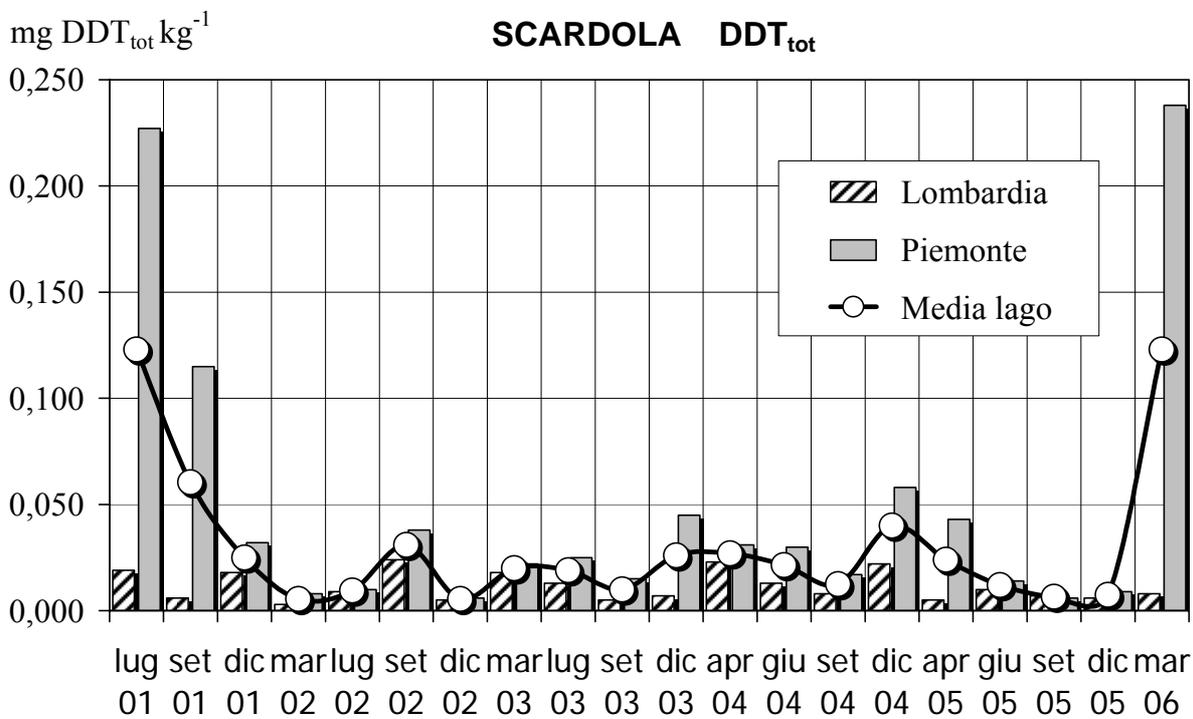


Fig. 6.3.6. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

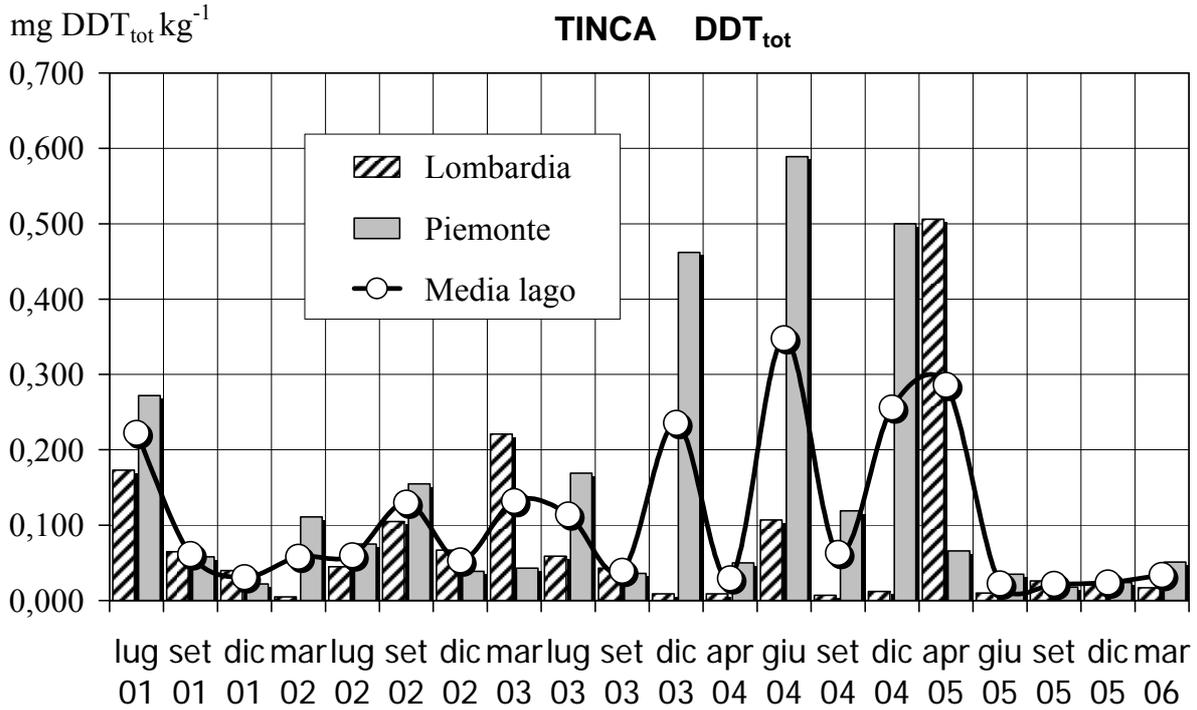


Fig. 6.3.7. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un pool di 10 pesci (solo parte edibile). I dati relativi alla tinca del Piemonte del dicembre 2005 sono stati assunti uguali a quelli della Lombardia per mancanza di campioni.

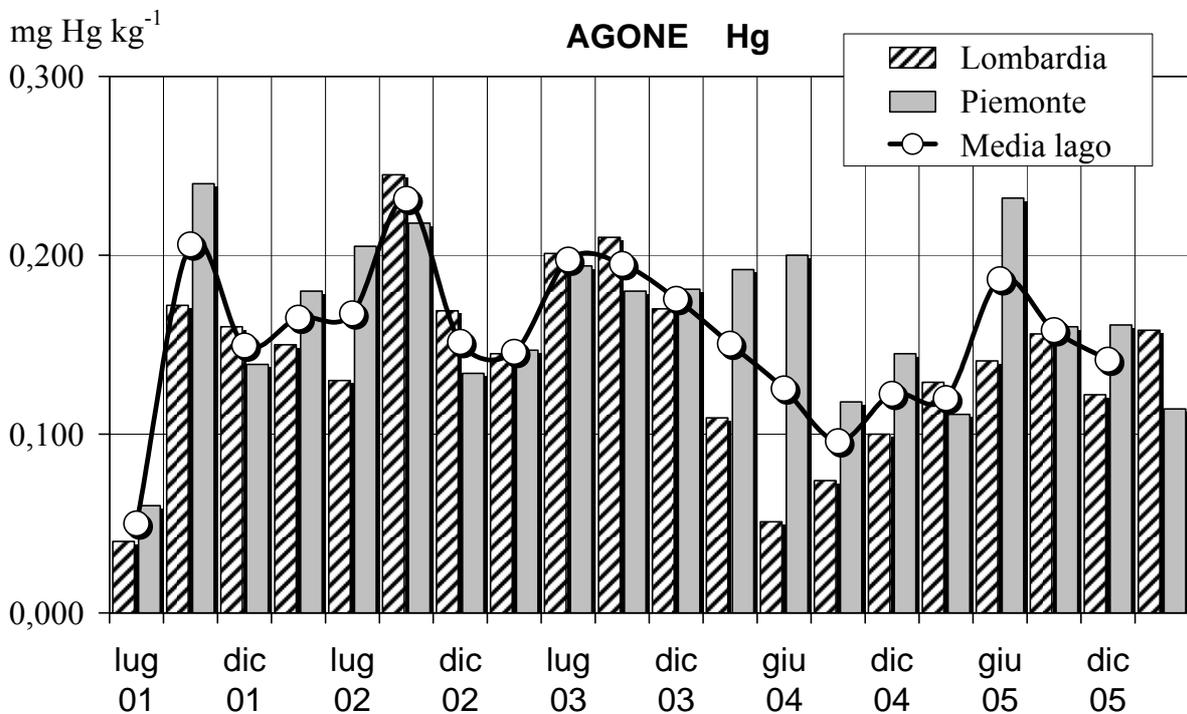


Fig. 6.3.8. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un pool di 10 pesci (solo parte edibile).

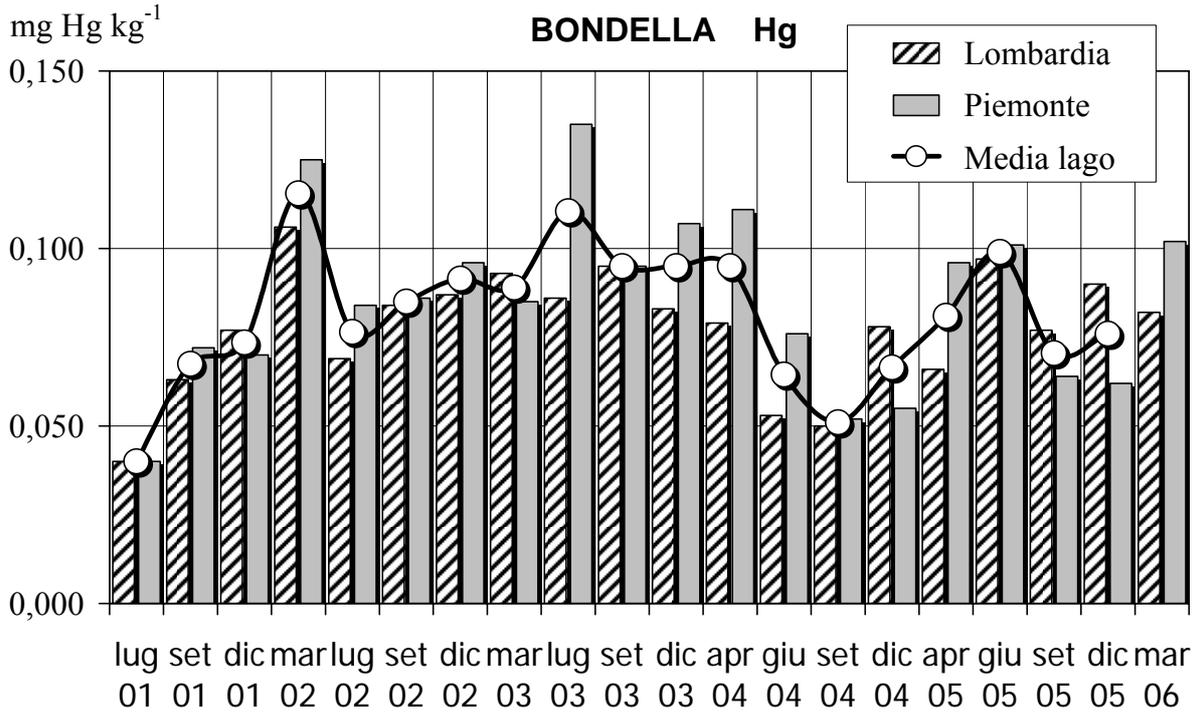


Fig. 6.3.9. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

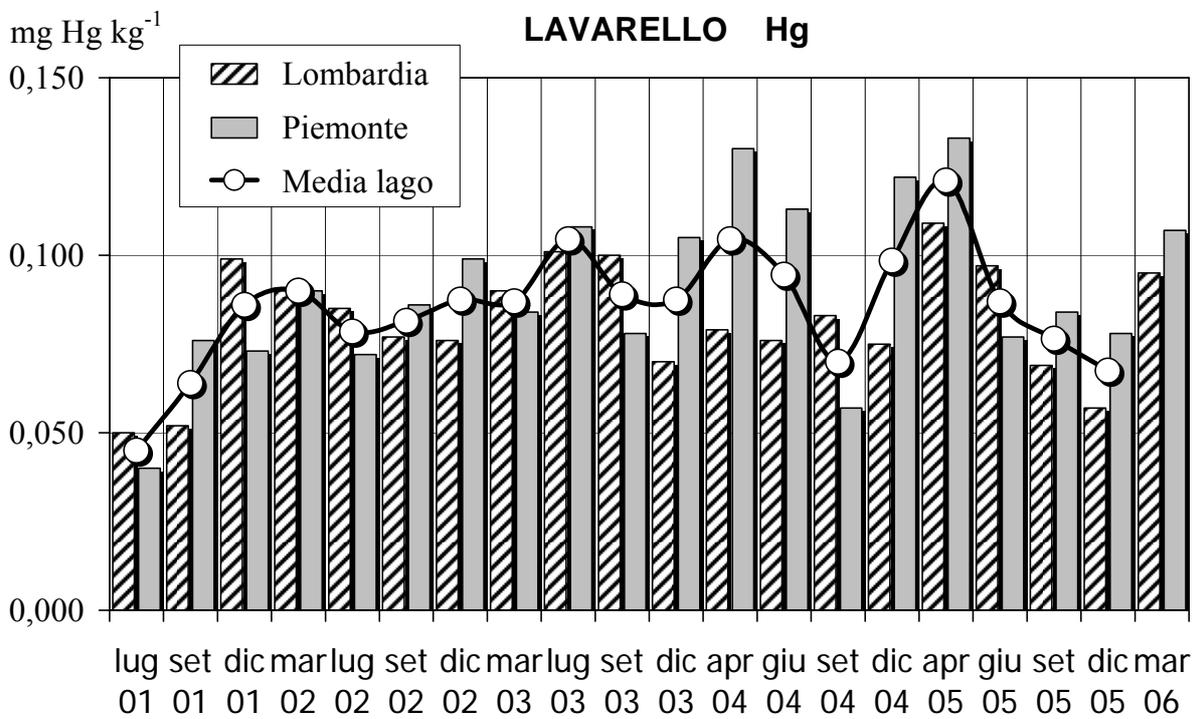


Fig. 6.3.10. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

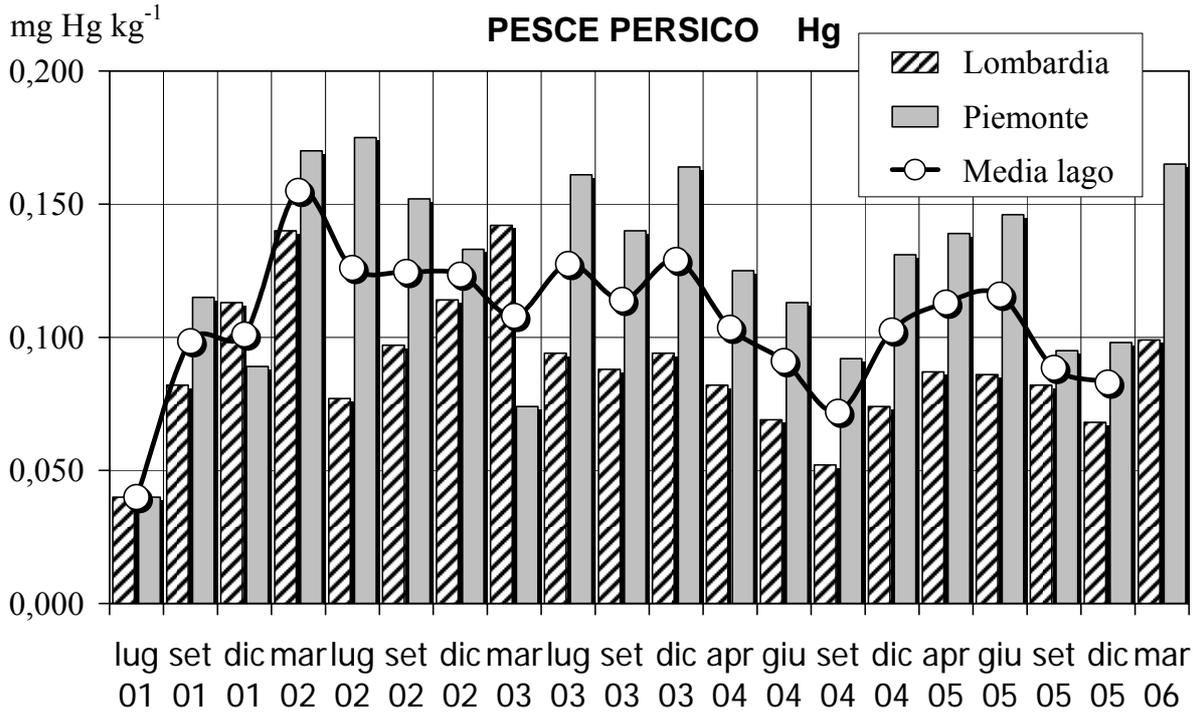


Fig. 6.3.11. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

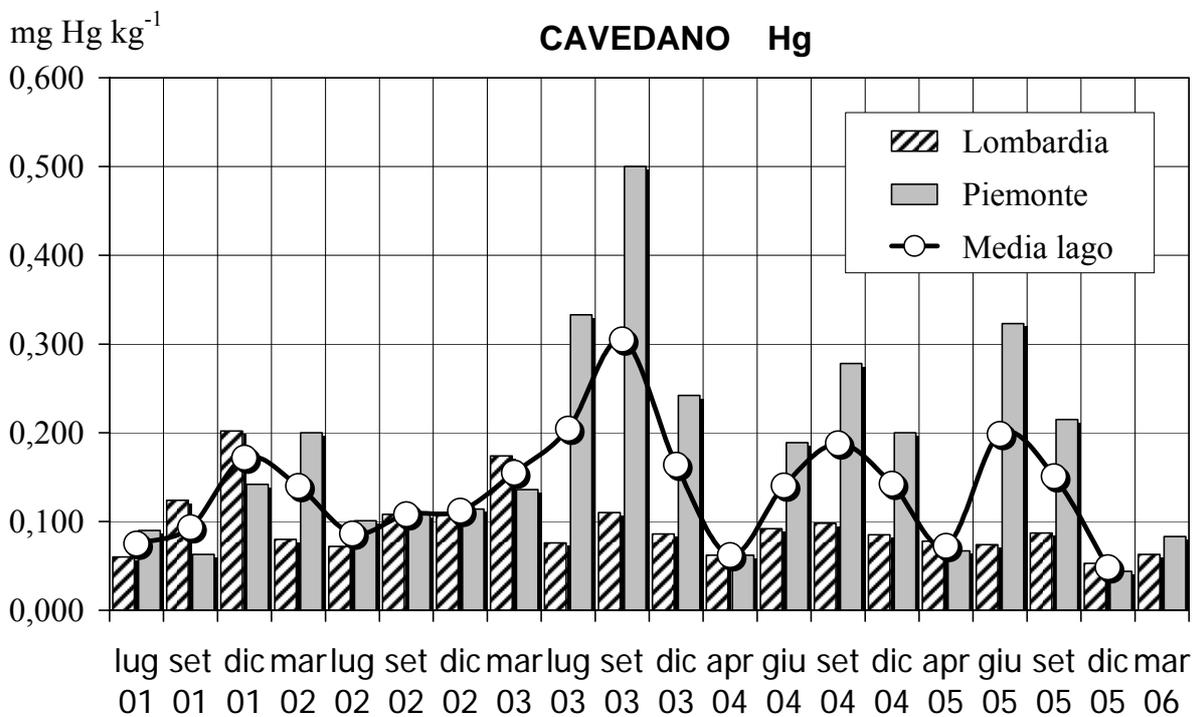


Fig. 6.3.12. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

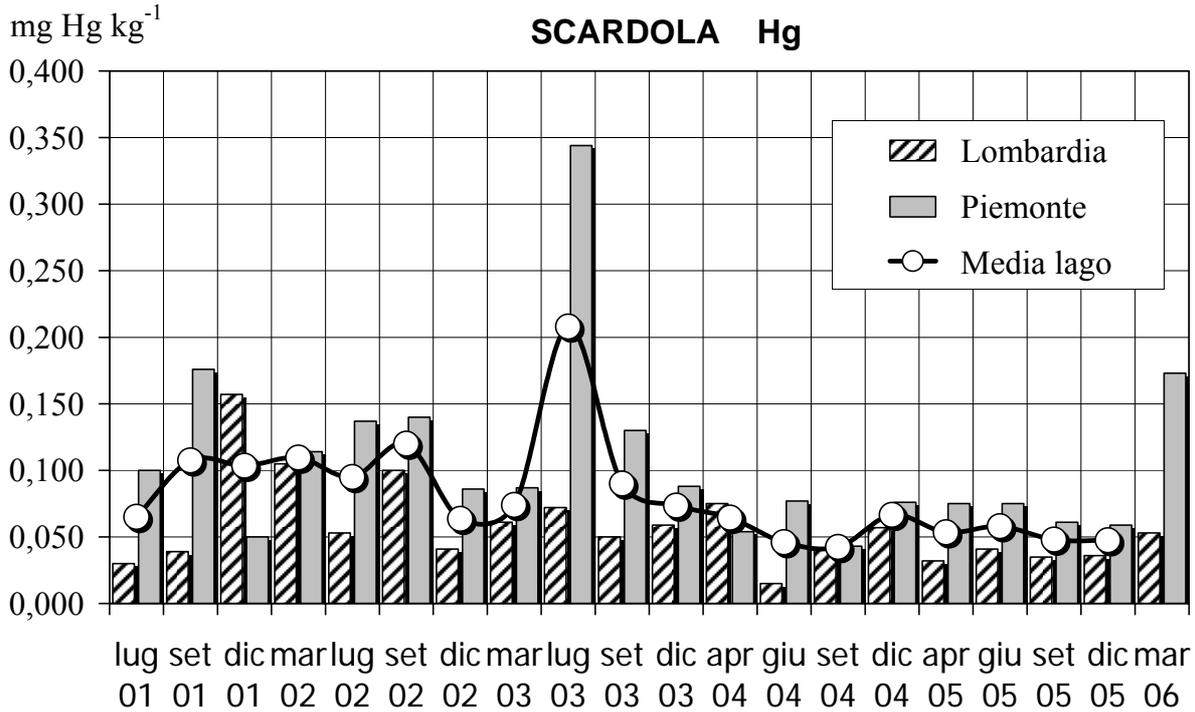


Fig. 6.3.13. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

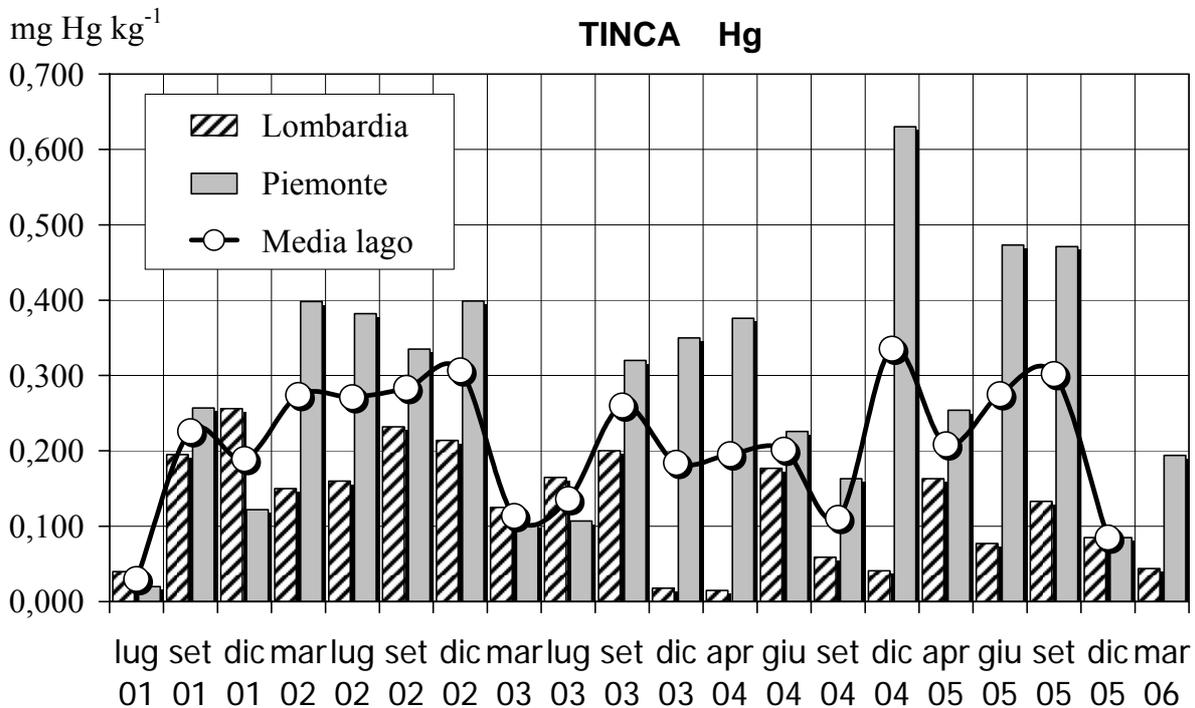


Fig. 6.3.14. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile). I dati relativi alla tinca del Piemonte del dicembre 2005 sono stati assunti uguali a quelli della Lombardia per mancanza di campioni.

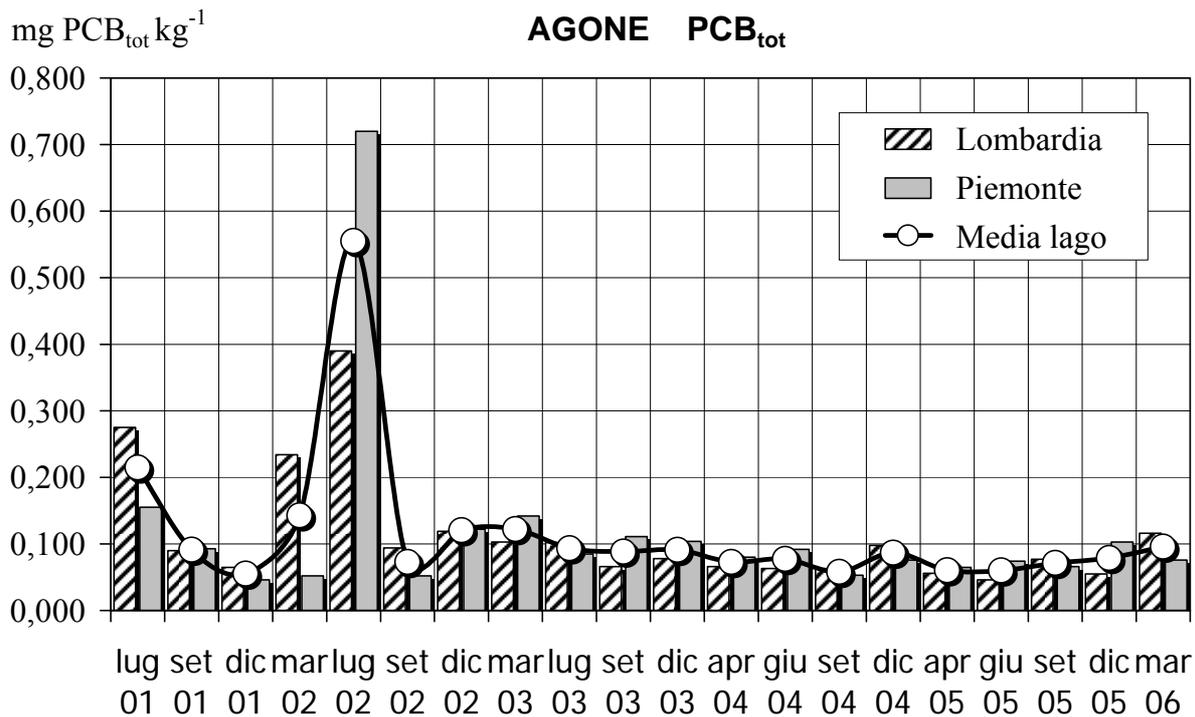


Fig. 6.3.15. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

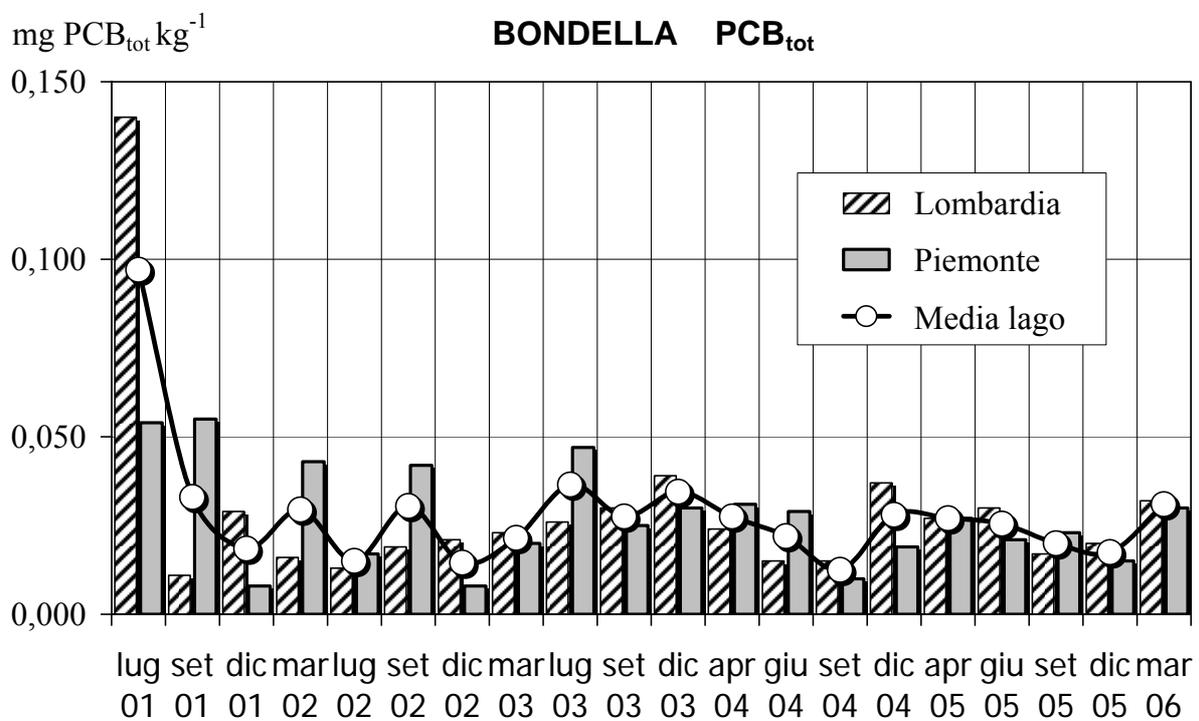


Fig. 6.3.16. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

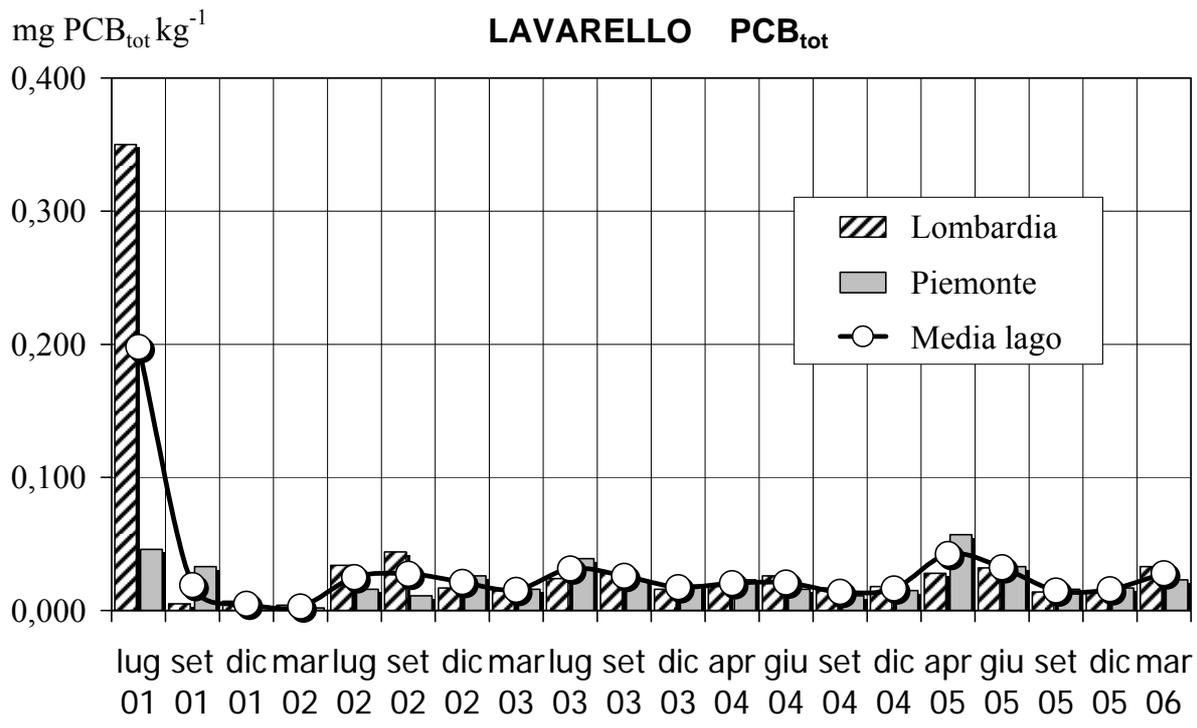


Fig. 6.3.17. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

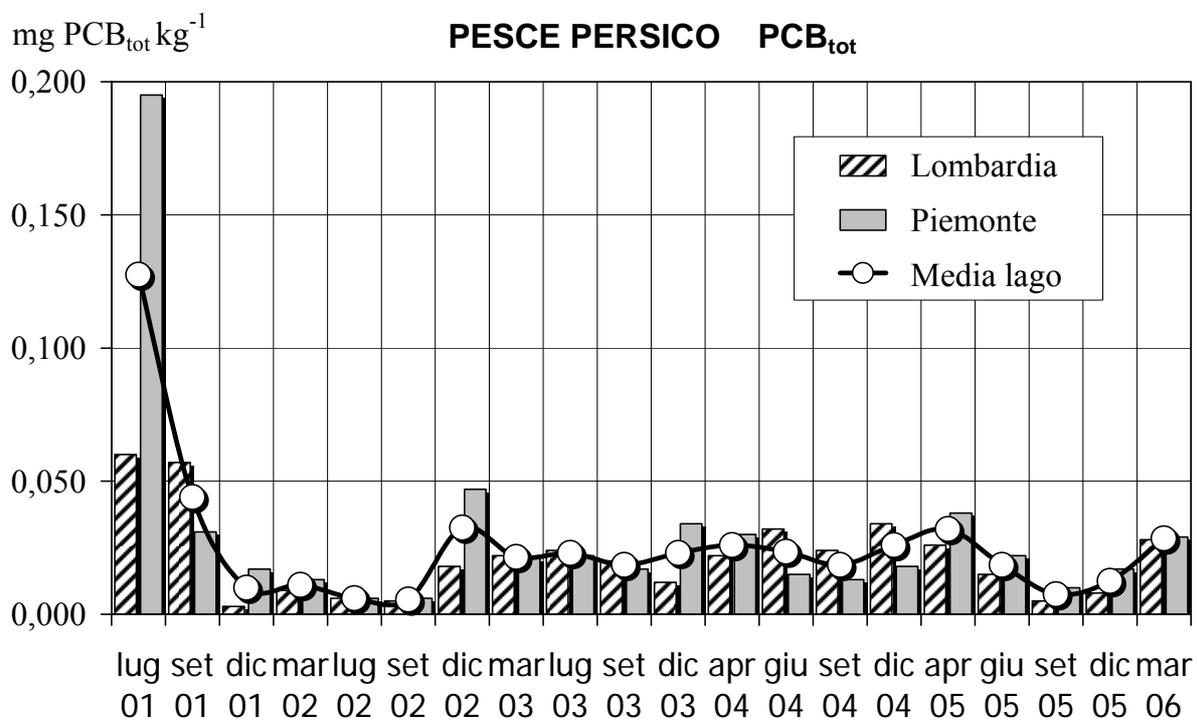


Fig. 6.3.18. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

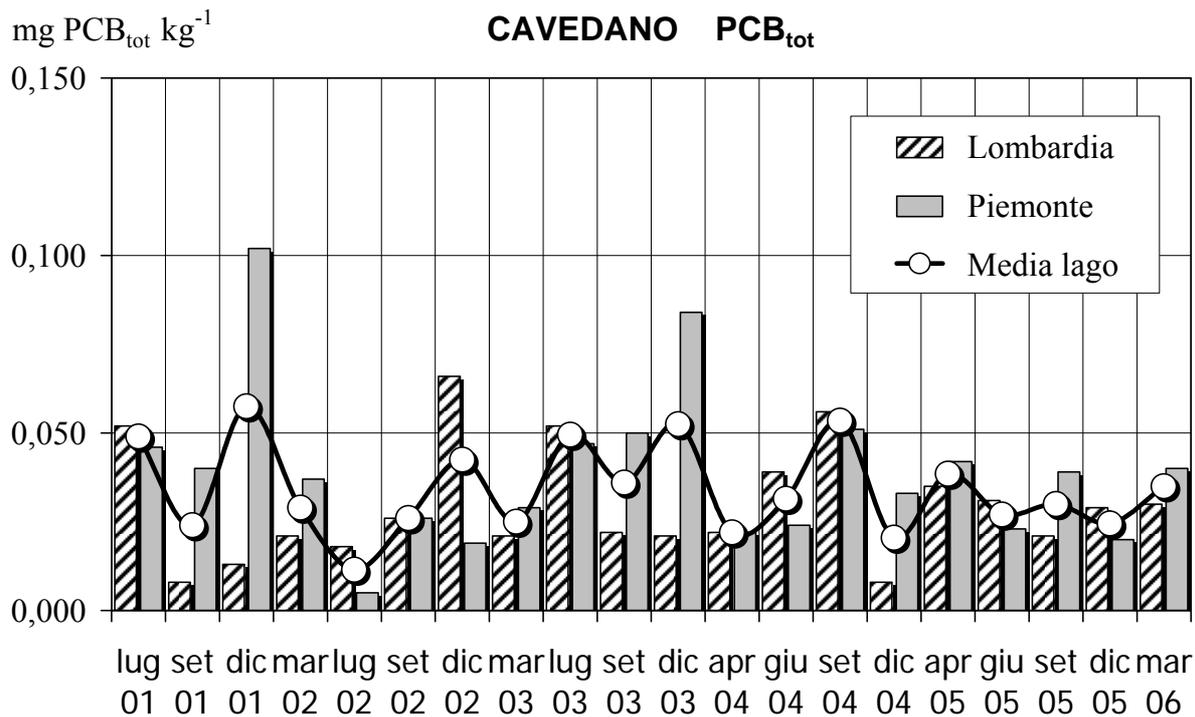


Fig. 6.3.19. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

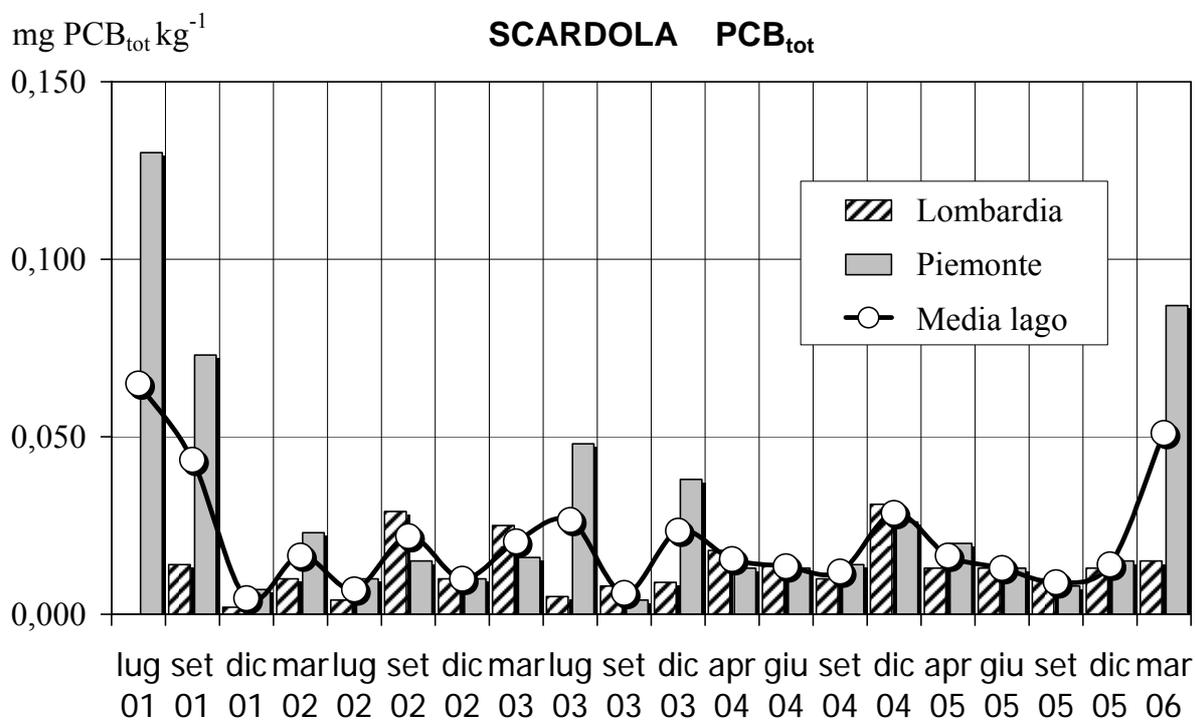


Fig. 6.3.20. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

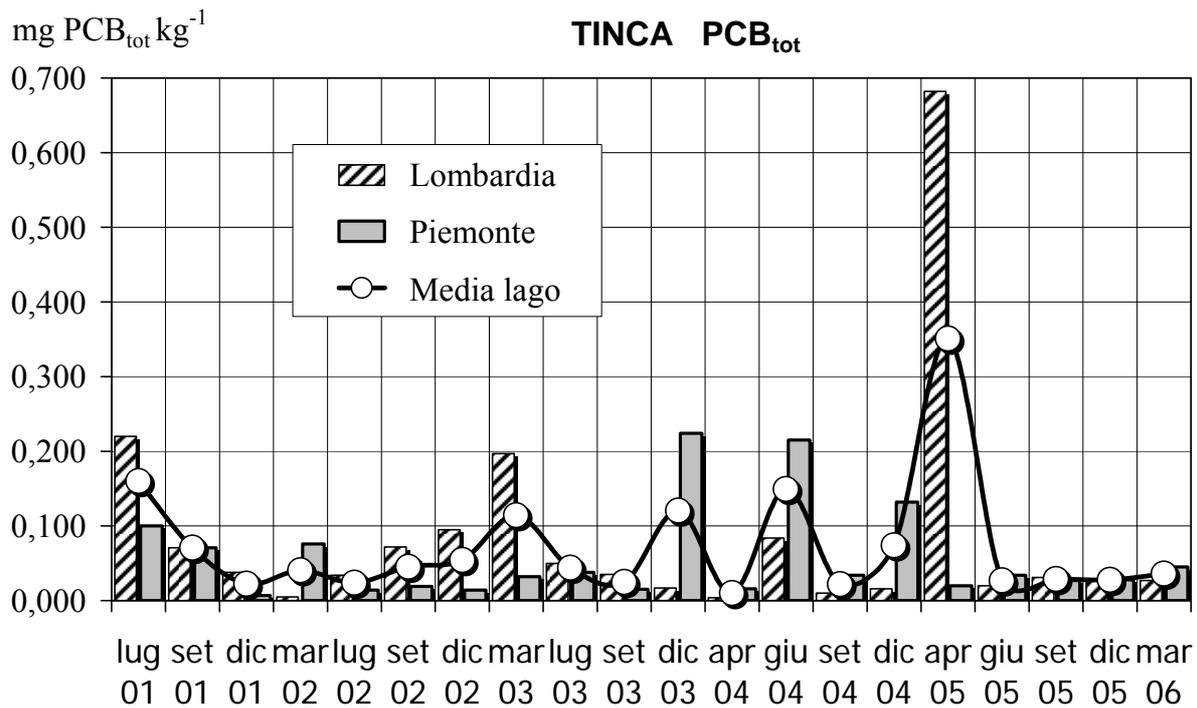


Fig. 6.3.21. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile). I dati relativi alla tinca del Piemonte del dicembre 2005 sono stati assunti uguali a quelli della Lombardia per mancanza di campioni.

7. CONCLUSIONI

Con le analisi di campioni d'acqua, di materiale sedimentario e biologico si è chiuso il quinto anno di indagini sulla distribuzione di DDT, altri composti organici e metalli pesanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Come i capitoli precedenti dettagliatamente riportano, i risultati ottenuti, e qui sinteticamente riassunti, permettono di dare maggiori conferme sperimentali ad alcune importanti ipotesi formulate in precedenza in merito ai processi e meccanismi di riciclo e ridistribuzione del DDT nei vari comparti dell'ecosistema.

In particolare i campionamenti lungo la colonna d'acqua del lago hanno evidenziato tenori molto bassi delle concentrazioni di DDT, HCB e degli isomeri degli esacloroesani (HCH). Le concentrazioni erano più elevate nella frazione disciolta rispetto a quella particellata. Il confronto con i valori misurati nel corso del 2004-2005 ha evidenziato un leggero decremento nelle concentrazioni degli isomeri alfa e gamma degli HCH. Per quanto riguarda invece l'HCB, rispetto all'anno precedente, non si sono notate sostanziali variazioni nella stagione estiva mentre nella stagione invernale vi è stato un leggero incremento nelle concentrazioni.

Rispetto al 2004 la contaminazione da pp'DDT sembra tendenzialmente diminuita mentre il suo metabolita stabile pp'DDE (principale contaminante tra i composti omologhi del DDT) si è dimostrato più persistente facendo registrare anche nell'ultimo campionamento concentrazioni del tutto paragonabili a quelle del 2003. Per quanto riguarda la stazione di Ghiffa, maggiormente rappresentativa del bacino lacustre, il confronto con il precedente periodo ha messo in evidenza un decremento della contaminazione da pp'DDE nei mesi estivi (0,08 ng l⁻¹ contro 0,15 ng l⁻¹ nel luglio 2004) ma un netto incremento nei mesi invernali (0,61 ng l⁻¹ contro 0,32 ng l⁻¹ del dicembre 2004). Anche se questi valori sono tali da non pregiudicare l'uso a scopo alimentare e la balneabilità, va segnalato che in taluni campioni invernali sono stati superati gli standard di qualità fissati per il 2008 dal Decreto N. 367 del 6 novembre 2003.

Per quanto riguarda i sedimenti lacustri del Bacino di Pallanza le analisi dei composti organoclorurati hanno evidenziato una distribuzione di DDT omogenea nelle tre stazioni considerate. I valori relativi ai campioni superficiali si attestano sui 30-35 ng g⁻¹ ed è prevalente la contaminazione dei metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto a quella del composto parentale pp'DDT. Essi sono presenti in concentrazioni significative nel Bacino di Pallanza, sottolineando la responsabilità primaria del Toce nell'inquinamento del lago tramite il trasferimento di particelle inquinanti dilavate dai suoli contaminati del sito industriale di Pieve Vergonte. Considerando i risultati ottenuti nei cinque anni di campionamento sinora eseguiti è evidente dal 2002 in poi una riduzione della contaminazione del Bacino di Pallanza in assenza di eventi di piena considerevoli del Fiume Toce, tanto che in loro assenza le concentrazioni di DDT totale dal 2003-2006 si sono ridotte a poche decine di ng g⁻¹.

Dall'esame degli altri insetticidi organoclorurati si è notato che il lindano è prevalente rispetto agli altri isomeri e la sua contaminazione, inferiore a 1 ng g⁻¹, è comunque molto contenuta analogamente a quanto si osserva per l'HCB, l'unico altro composto determinato in concentrazioni rilevabili nella maggior parte dei campioni. I PCB, infine, risultano presenti in concentrazioni totali molto basse e inferiori a 10 ng g⁻¹ in tutti i campioni analizzati, senza particolari differenze tra le varie stazioni.

In generale, nello stesso bacino per i metalli si può osservare che dal settembre 2004 al marzo 2006 l'arsenico è presente con valori minimi nella carota 17 (Suna, 33,9 mg kg⁻¹) e massimi nella 13 (Baveno, 293 mg kg⁻¹). Per rame e cadmio le variazioni sono abbastanza contenute mentre per il mercurio si sono osservati valori in crescita in tutte le stazioni del

Bacino di Pallanza e superiori al valore soglia (*Threshold Effect Concentration*, TEC = 0,18 mg kg⁻¹).

Passando a considerare i composti organoclorurati lungo l'asse Nord-Sud si è messo in evidenza come il Bacino Nord del Lago Maggiore sia caratterizzato da una minore contaminazione rispetto alla rimanente parte del lago, anche se si evidenzia un continuo aumento del DDT totale negli anni più recenti tale per cui la sezione più superficiale della carota di Brissago è caratterizzata dallo stesso contenuto di DDT totale di quella raccolta nel Bacino Sud (Ispra) ed inoltre mostra una larga prevalenza dei pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT. Questo fatto porta a concludere che non vi siano fonti locali di contaminazione, ma che si tratti del trasporto di particolato inquinato di origine non recente, probabilmente già parzialmente sottoposto a fenomeni di degradazione. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile, mentre si osservano valori non trascurabili di PCB totali compresi tra 10 e 26 ng g⁻¹, sensibilmente più elevati rispetto alle altre carote dell'asse Nord-Sud.

Per la carota campionata a Ghiffa, le analisi evidenziano una maggiore contaminazione da DDT nella sezione più superficiale, indicando un fenomeno di sequestro in questa parte profonda del lago. Anche in questa carota sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT, come già precedentemente evidenziato. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile e quella da PCB è inferiore ai 15 ng g⁻¹.

Per la carota che appartiene al Bacino Sud del Lago Maggiore la contaminazione risulta essere simile a quella del Bacino Nord: sono principalmente presenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile e quella da PCB è inferiore a 10 ng g⁻¹.

In un'ideale rappresentazione Nord-Sud l'andamento delle concentrazioni totali di DDT è il seguente: 26 ng g⁻¹ → 90 ng g⁻¹ → 24 ng g⁻¹, con un arricchimento pari a 2,8 volte nella parte centrale del lago.

Analoghe considerazioni si possono fare in merito alla presenza di metalli nei sedimenti deposti lungo l'asse Nord-Sud. I dati per il 2005 indicano una minore contaminazione nella zona Nord (Brissago) rispetto a quella meridionale, anche se i livelli di cadmio al Nord non sono trascurabili e quelli di mercurio sono in costante progressivo aumento.

Conformemente a quanto osservato per i composti organoclorurati, la parte centrale del lago è la più contaminata per tre metalli (Cd, Cu, Hg) con valori particolarmente elevati per il mercurio e pari al doppio del valore di probabile effetto (PEC=1,09 mg kg⁻¹). Infine la zona meridionale presenta ancora livelli alti per tutti e quattro gli elementi.

Le ricerche condotte sui sedimenti dei principali tributari hanno messo in evidenza i seguenti aspetti. Il Fiume Maggia è senz'altro il meno contaminato, per quanto concerne i composti organoclorurati (concentrazioni generalmente inferiori a 1 ng g⁻¹). Nell'ultimo campionamento però, quello del gennaio 2006, la somma del DDT raggiunge il valore di 3,5 ng g⁻¹, mai osservato in precedenza. Per quanto attiene i PCB, i valori totali si attestano tra 1 e 8 ng g⁻¹, anch'essi in leggero aumento rispetto al 2004. I sedimenti del T. Verzasca presentano invece le concentrazioni più elevate di DDT e PCB. La prevalenza di pp'DDT rispetto agli altri metaboliti sottolinea l'origine recente del fenomeno di contaminazione da DDT, che potrebbe probabilmente essere imputabile al trasporto atmosferico di questo composto attraverso i venti che principalmente hanno direzione Sud-Nord. Inoltre l'elevato contenuto in carbonio organico di questo fiume influenza la sua capacità di accumulare gli inquinanti organici. Una contaminazione invece modesta di composti organoclorurati è stata accertata per il Tresa e il Margorabbia, con qualche eccezione per i PCB e relativamente a quest'ultimo.

Per il Fiume Toce è evidente la contaminazione da DDT, anche se sostanzialmente in calo rispetto agli anni passati, con una prevalente presenza di pp'DDT (valori compresi tra 20 e 40 ng g⁻¹); la diminuzione sembra essere in accordo con un regime di magra osservato per tutto l'anno idrologico che non ha favorito il trasporto di materiale contaminato dal sito industriale di provenienza, né l'eventuale risospensione dei sedimenti. La contaminazione degli altri composti organoclorurati è risultata molto modesta.

Le analisi dei campioni del Fiume Boesio evidenziano per il DDT valori compresi tra 2 e 22 ng g⁻¹; in particolare il campione di gennaio 2006 si distingue per la presenza di pp'DDT. Tale contaminazione si è verificata anche nel corso dell'anno precedente. I lavori di sistemazione delle rive del fiume avvenuti con consistenti mobilitazioni di materiale terroso dalle sponde potrebbero in parte spiegare le elevate concentrazioni, in quanto hanno reso possibile la risospensione di sedimenti più contaminati e deposti in epoche passate quando la contaminazione da DDT nel Lago Maggiore aveva assunto livelli molto più elevati di quelli riscontrati a partire dal 1996.

Anche la contaminazione da DDT del Fiume Bardello risulta elevata e maggiore rispetto a quella degli anni precedenti. Per entrambi i tributari la contaminazione da PCB, risulta superiore a quella di fondo anche se si considerano i dati normalizzati per il carbonio organico.

In tutti i corsi d'acqua indagati gli altri insetticidi organoclorurati (trans-eptacloreoossido, dieldrin, endrin, mirex e metoxyclo) sono risultati per lo più assenti (< 0,1 ng g⁻¹), così come è risultata trascurabile la concentrazione di HCB.

Le analisi dei campioni di sedimento del Ticino emissario evidenziano una discreta contaminazione da DDT, compresa tra 10 e 50 ng g⁻¹ nonché livelli talvolta elevati di PCB (da 30 a 130 ng g⁻¹), seppure la loro origine dipenda da fonti diverse quali: la presenza di immissioni dirette nelle acque del lago da aree industriali o impianti di depurazione; i contributi di altri tributari più contaminati quali il Bardello e il Boesio; i fenomeni di trasporto ed erosione di particellato inquinato derivante da siti localizzati più a Sud del lago che confluiscono verso l'emissario.

In conclusione si può affermare che per i fiumi Maggia, Margorabbia e Tresa la contaminazione da DDT è contenuta ed è proporzionale all'arricchimento in carbonio organico del sedimento. Al contrario i fiumi Toce, Verzasca, Boesio, Bardello e in qualche modo anche il Ticino emissario, risultano contaminati da DDT.

Il quadro dei risultati che emergono dalle ricerche sulle precipitazioni atmosferiche permette di concludere che relativamente alla stazione di Pallanza (200 m s.l.m.) le concentrazioni di DDT (prevalentemente pp'DDT e pp'DDE) sono più basse rispetto agli anni precedenti (del 50% più basso rispetto a quello stimato dal 2003 al 2005; del 25% rispetto a quello determinato nel 2002-2003). Non così si può dire per i PCBs il cui carico calcolato per Pallanza (0,280 ng cm⁻²) è circa doppio rispetto a quello delle due annualità precedenti.

Tra gli isomeri del HCH è prevalente la presenza del gamma isomero, il lindano, considerato il più volatile tra i composti dell'HCH analizzati. Il carico annuale nella stazione di Pallanza per questi inquinanti (pari a 0,1 ng cm⁻²) è simile a quello determinato nelle annualità precedenti e maggiore nei mesi invernali. L'HCB è l'unico altro insetticida organoclorurato frequentemente presente con concentrazioni simili a quelle degli anni precedenti.

Per quanto concerne la stazione all'Alpe Devero (1600 m s.l.m.) i risultati rivelano una contaminazione molto simile a quella misurata a Pallanza. Il carico di lindano e di PCBs sono circa 1,5 volte quelli misurati a Pallanza, riaffermando il fenomeno di ricondensazione ad alta quota dei composti organoclorurati più volatili.

La stazione di Locarno (300 m s.l.m.), mostra una contaminazione da DDT, lindano e PCBs simile a quella delle altre stazioni italiane, evidenziando un fenomeno di livellamento dell'inquinamento presente su tutto il bacino imbrifero del lago.

Per la stazione in alta quota di Robiei (2000 m s.l.m.) il carico di DDT è pari a quello delle stazioni italiane mentre il carico di HCH è 2,5 volte maggiore di quello di Locarno ed è in assoluto quello più elevato misurato in quest'ultimo anno di indagine, a riconferma dell'importanza della ricondensazione in quota. Infine, per i PCB la stazione di Robiei evidenzia un carico annuale pari a $1,5 \text{ ng cm}^{-2}$, relativamente modesto rispetto alle altre stazioni considerate.

Il biomonitoraggio con molluschi bivalvi è senza dubbio molto importante per descrivere i trend in atto in particolare durante il 2005.

A differenza degli anni precedenti, i livelli più alti di DDT sono stati misurati nella stazione di Pallanza-V.Taranto (1800 ng g^{-1} lipidi; composto parentale pari a 123 ng g^{-1} lipidi), seguita dai siti di Ghiffa (1300 ng g^{-1} lipidi) e di Intra (1200 ng g^{-1} lipidi), posti anch'essi nella zona centrale della sponda occidentale del Verbano. Il sito di campionamento solitamente più inquinato di Baveno (1100 ng g^{-1} lipidi), nel 2005 non risulta più essere il punto con la maggiore contaminazione. Livelli ancora più bassi sono stati misurati a Suna (800 ng g^{-1} lipidi), situata a soli 300 m dalla foce del Fiume Toce. Pur con qualche eccezione (zona centrale della sponda piemontese e Baveno) la contaminazione da DDT è distribuita più uniformemente (valore medio di 800 ng g^{-1} lipidi). Inoltre i valori del rapporto pp'DDT/pp'DDE indicano ormai un invecchiamento della contaminazione dell'insetticida nell'intero bacino. Nella stazione di Laveno è stato misurato il valore di pp'DDT più basso ($29,2 \text{ ng g}^{-1}$ lipidi).

La contaminazione da DDT non si è modificata nell'arco di un anno, almeno nella zona più settentrionale, nella baia e nella zona Sud del lago, mentre si può osservare una sua diminuzione piuttosto consistente (circa il 46% in meno) sulla sponda lombarda, compensata da un aumento quasi speculare nelle 3 stazioni di prelievo poste nell'area centro-occidentale del Verbano probabilmente a causa dei lavori di regimentazione dell'alveo del Fiume Boesio.

La concentrazione di DDT è rimasta praticamente costante nella stazione posta all'interno della Baia di Pallanza, con valori del tutto equivalenti al periodo 1998-99, a testimonianza del fatto che la contaminazione non tende a calare nella zona a maggior rischio ambientale, assistendo solamente alla trasformazione del composto parentale nei suoi metaboliti. Sorprendentemente, invece, la contaminazione da DDT tende ad aumentare nella stazione di Pallanza-V.Taranto, con un incremento nel 2005 pari a circa due volte e mezzo rispetto al dato del 2003. I valori riscontrati nell'ultimo anno di campionamento sono addirittura paragonabili a quelli misurati nel biennio 2000-2001.

Dai numerosi dati ottenuti nel corso dell'ultimo decennio si nota come il sistema non sia ancora in equilibrio e che, purtroppo, sembra esistano altre fonti di DDT nel bacino imbrifero del Verbano che determinano nuovi apporti di questi composti, tali da mantenere le concentrazioni ancora ben lontane dai valori considerati di background ($150\text{-}200 \text{ ng g}^{-1}$ lipidi) per i grandi laghi subalpini.

Di un certo interesse sono i dati ottenuti dal biomonitoraggio con uova di Svasso maggiore anche se la loro interpretazione in alcuni casi è un po' problematica.

I risultati delle analisi dei DDT e dei PCB nelle uova campionate a Fondo Toce indicano che il composto parentale pp'DDT, il pp'DDD e gli isomeri op' non superano la concentrazione di $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ p.s. Pur tuttavia le analisi hanno rivelato un composto che compare nell'elenco dei PCB "diossina-simili" con un TEF (*Toxic Equivalent Factor*) pari a 0,0001. Questo componente potrebbe essere particolarmente pericoloso per lo sviluppo degli embrioni poiché, a differenza di altri PCB "diossina-simili" che sono presenti in quantità così

basse da richiedere una metodica particolare per la loro determinazione, esso rappresenta uno dei congeneri principali presenti nelle uova di uccelli il cui accumulo preferenziale è già stato osservato in altri predatori.

Rispetto agli anni precedenti, i campioni del 2005 fanno registrare un aumento della contaminazione a carico del pp'DDE mentre per i PCB la situazione sembrerebbe essere stazionaria o in leggero miglioramento. Difficile però dire se questo aumento corrisponda ad un incremento della contaminazione nella popolazione di Svassi presente a Fondo Toce, dato il numero ridotto di campioni.

Infine, le concentrazioni di DDT rinvenute nel quinto anno di indagine nelle diverse specie ittiche si collocano su valori simili a quelli ritrovati l'anno precedente. Le maggiori contaminazioni riguardano le specie più ricche di grassi quali l'agone, oppure di età più avanzata. Da rilevare a quest'ultimo proposito come gli elevati valori di DDT ritrovati nel campione di scardola del marzo 2006 provenienti dalle acque piemontesi del Maggiore sono quasi certamente attribuibili alla grande taglia degli individui pescati (peso medio 808 g), che quindi hanno potuto accumulare gli inquinanti per lungo tempo rispetto ai soggetti campionati nelle acque lombarde (peso medio 108 g). A parte questa eccezione, per tutte le sette specie analizzate, i valori di DDT riscontrati sono inferiori o prossimi ai limiti di consumo alimentare umano vigenti in Italia. Anche i tenori di mercurio e PCB, pur essendo indicativi di una contaminazione avvertibile, restano nella norma.

In conclusione, seppure assai lentamente, la diminuzione del DDT totale prosegue ed è segnalata dalla sempre più larga prevalenza dei prodotti di degradazione, soprattutto pp'DDE, rispetto al composto parentale. Tuttavia, come hanno dimostrato le indagini finora condotte sui diversi comparti ambientali dell'ecosistema lacustre, il rischio di un repentino aumento delle concentrazioni associato al rifornimento di DDT a seguito di eventi di piena oppure a movimentazione dei suoli inquinati è tuttora presente.

