

2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI

Nelle tabelle 2.1-2.9 vengono riportati i risultati relativi sia ai valori medi dei singoli campioni prelevati a diverse profondità sia dei campioni integrati raccolti nei mesi di giugno e novembre 2006 e nel gennaio-febbraio 2007. Per lo spessore d'acqua integrato si vedano le tabelle qui sotto riportate.

Per il particolato sospeso (materiale raccolto su filtri) sono disponibili solo i risultati dei campioni integrati in quanto per quelli singoli i risultati dei composti erano sotto i limiti di rilevabilità analitica.

Tab. 2.1. Pesticidi clorurati (ng l^{-1}) a Pallanza a giugno 2006, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α -HCH	HCB	γ -HCH	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
Media colonna	0,26	0,30	0,27	0,11	0,05	<0,05
Ds	0,13	0,27	0,08	0,05	0,06	
Int.	0,18	0,12	0,22	0,13	0,07	interf
Filtri	0,04	0,07	0,07	0,07	0,12	0,04

Tab. 2.2. Pesticidi clorurati (ng l^{-1}) a Lesa a giugno 2006, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α -HCH	HCB	γ -HCH	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
Media colonna	0,13	0,49	0,31	0,18	0,18	0,13
Ds	0,07	0,20	0,20	0,22	0,16	0,18
Int.	0,19	0,17	0,25	0,16	0,13	0,01
Filtri	0	0,02	0,06	0,02	0,03	<0,01

Tab. 2.3. Pesticidi clorurati (ng l^{-1}) a Ghiffa a giugno 2006, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α -HCH	HCB	γ -HCH	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
Media colonna	0,15	0,35	0,22	0,08	0,07	<0,05
Ds	0,05	0,25	0,07	0,03	0,07	
Media ponderata	0,14	0,36	0,07	0,07	0,08	<0,05
Int.	0,21	0,43	0,34	0,12	0,14	interf.
Filtri	<0,05	0,02	0,00	0,02	0,03	0,01

Tab. 2.4. Pesticidi clorurati (ng l⁻¹) a Pallanza a novembre 2006, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α-HCH	HCB	γ-HCH	pp'DDE	pp'DDD
Media	0,010	0,08	0,08	0,05	0,05
Ds	0,05	0,03	0,03	0,01	0,02
Int.	0,10	0,05	0,09	0,04	0,03
filtri	0,01	0,02	0,01	0,02	0,06

Tab. 2.5. Pesticidi clorurati (ng l⁻¹) a Lesa a novembre 2006, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α-HCH	HCB	γ-HCH	pp'DDE	pp'DDD
Media	0,11	0,10	0,09	0,05	0,02
Ds	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02
Int	0,13	0,08	0,10	0,06	0,02
filtri	0,01	0,02	0,00	0,02	0,05

Tab. 2.6. Pesticidi clorurati (ng l⁻¹) a Ghiffa novembre 2006, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α-HCH	HCB	γ-HCH	pp'DDE	pp'DDD
Media	0,13	0,06	0,16	0,10	0,07
Ds	0,05	0,04	0,08	0,07	0,04
Media ponderata	0,19	0,05	0,19	0,10	0,07
Int 0-20	0,10	0,13	0,08	0,05	0,05
50-fondo	0,15	0,03	0,17	0,18	0,09
0-20 filtri	0,01	0,02	0,00	0,02	0,03
30 filtri	0,01	0,06	0,09	0,03	0,03
50-fondo filtri	0,01	0,02	0,00	0,02	0,04

Tab. 2.7. Pesticidi clorurati (ng l⁻¹) a Pallanza a febbraio 2007, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α-HCH	HCB	γ-HCH	pp'DDE	pp'DDD
Media	0,18	0,10		0,05	0,04
Ds	0,02	0,04	0,03	0,02	0,01
Pall. Int.	0,15	0,07	0,17	0,05	0,06
Pall. Filtri	<0,01	0,01	0,00	0,02	0,03

Tab. 2.8. Pesticidi clorurati (ng l⁻¹) a Lesa a febbraio 2007, valori medi e integrati dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α-HCH	HCB	γ-HCH	pp'DDE	pp'DDD
Media	0,17	0,10	0,19	0,04	0,03
Ds	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01
Int.	0,15	0,08	0,18	0,04	0,02
Filtri	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,03

Tab. 2.9. Pesticidi clorurati (ng l⁻¹) a Ghiffa a febbraio 2007, valori medi, integrati e ponderati sul volume dei singoli campioni. Ds = deviazione standard.

	α-HCH	HCB	γ-HCH	pp'DDE	pp'DDD
Media	0,18	0,06	0,18	0,05	0,04
Ds	0,05	0,03	0,05	0,02	0,02
Media ponderata	0,19	0,05	0,19	0,05	0,04
Int. 0-50	0,21	0,12	0,20	0,07	0,04
Int. 100-350	0,15	0,04	0,17	0,05	0,04
Filtri 0-50	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,04
Filtri 100-350	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,05

Dal punto di vista metodologico si è cercato di aumentare ulteriormente la sensibilità analitica riducendo il volume finale del campione a 0,1 ml. In questo modo il limite di rilevabilità è stato portato a 0,01 ng l⁻¹ per i singoli campioni e 0,005 per gli integrati.

Resta il problema dell'accuratezza e riproducibilità del metodo che è di gran lunga più accettabile per i campioni integrati. I valori dei singoli campioni infatti sono soggetti ad una variabilità molto accentuata specialmente quando si avvicinano al limite di detezione analitica. Anche se le medie dei singoli campioni e i valori degli integrati risultano spesso in buon accordo, per il proseguimento del monitoraggio andrà valutata la possibilità di effettuare solamente campioni integrati poiché maggiormente affidabili. Eventualmente, si potrà considerare separatamente l'epilimnio, il termoclinio e l'ipolimnio nei periodi di stratificazione.

Per la stazioni di Ghiffa sono state calcolate anche le medie ponderate sui volumi (Tabelle. 2.3, 2.6 e 2.9) che sono risultate in ottimo accordo con le medie aritmetiche. Sembra, quindi, che per gli intervalli di profondità scelti per il campionamento l'espressione dei dati rispetto ai volumi della colonna d'acqua non sia strettamente necessaria.

In tutti e tre i campionamenti il pp'DDE è risultato il contaminante prevalente seguito dal pp'DDD e dal pp'DDT. I tre contaminanti hanno evidenziato una tendenza alla diminuzione nell'intervallo temporale considerato. In particolare il pp'DDT non è stato più rilevabile nei singoli campioni a partire dal novembre 2006. Va osservato che l'ultimo periodo di campionamento è stato caratterizzato da precipitazioni eccezionalmente scarse e temperature eccezionalmente elevate; queste circostanze possono aver determinato una riduzione di apporti dal bacino.

La stazione più contaminata è risultata Lesa nel giugno 2006. La concentrazione media del pp'DDE lungo la colonna è risultata pari a $0,18 \text{ ng l}^{-1}$ mentre quella dei DDT totali pari a $0,49 \text{ ng l}^{-1}$.

Nelle figure 2.1-2.9 vengono riportati gli andamenti delle concentrazioni di pp'DDE a diverse profondità e delle relative temperature nei tre periodi campionati per le tre stazioni.

L'andamento della contaminazione lungo la colonna d'acqua non è uniforme ma presenta dei picchi relativi a livello del termoclinio o in prossimità del fondo. I primi sono probabilmente dovuti al rilascio dei contaminanti in seguito alla degradazione del particolato sospeso ad opera dei batteri. Questo comportamento, osservato anche negli anni passati, sembrerebbe confermato dal fatto che in corrispondenza di questi picchi sono state registrate decise diminuzioni della concentrazione di ossigeno disciolto. I picchi in prossimità del fondo sono verosimilmente dovuti al rilascio dei contaminanti dai sedimenti.

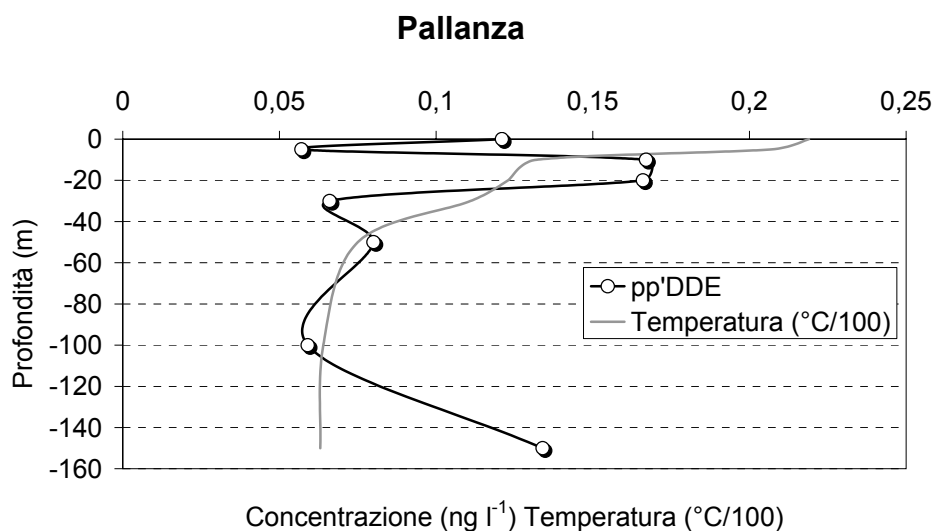


Fig. 2.1. Pallanza, Giugno 2006.

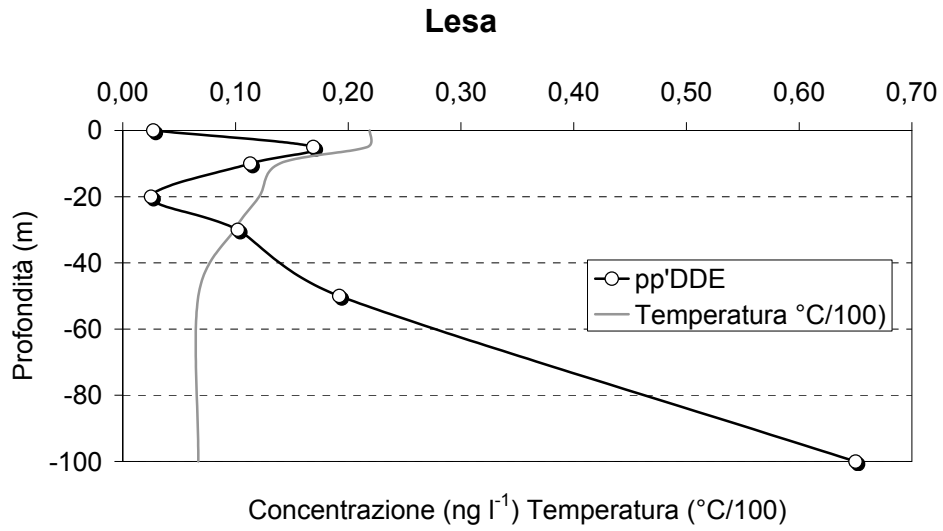


Fig. 2.2. Lesa, giugno 2006.

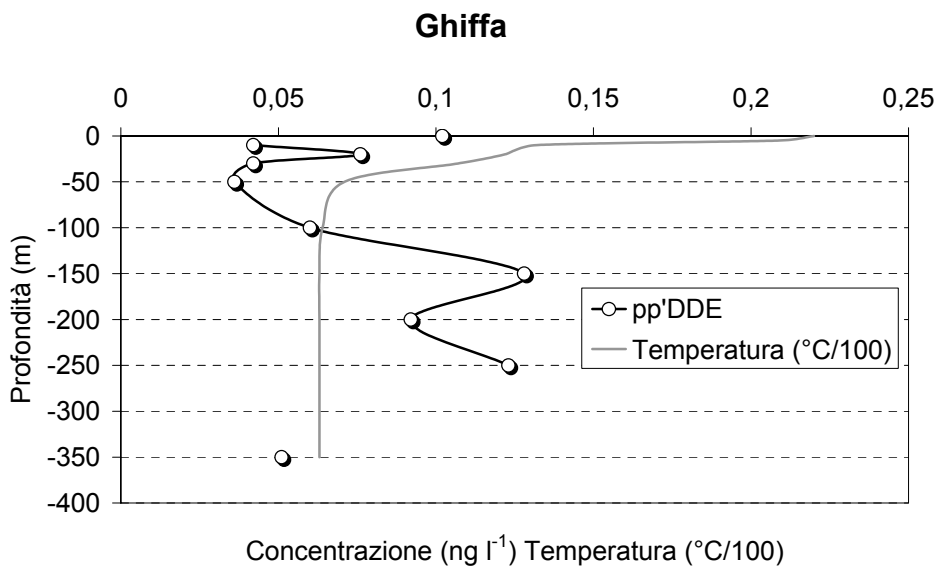


Fig. 2.3. Ghiffa, Giugno 2006.

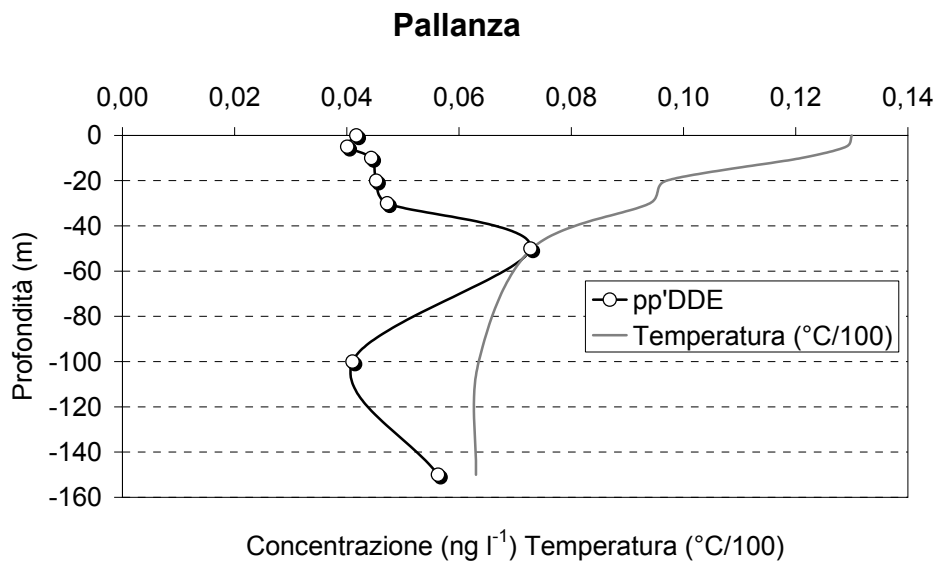


Fig. 2.4. Pallanza, Novembre 2006.

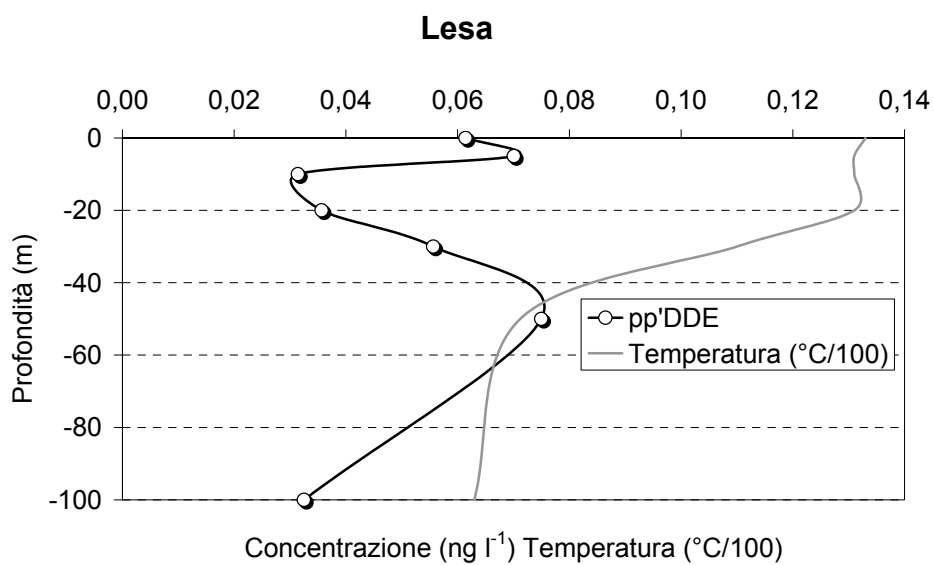


Fig. 2.5. Lesa, Novembre 2006.

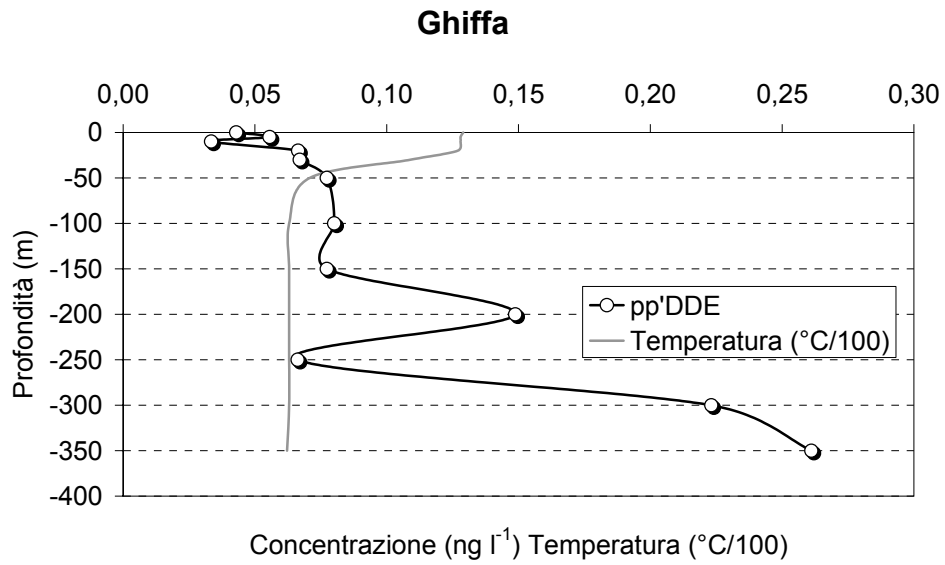


Fig. 2.6. Ghiffa, Novembre 2006.

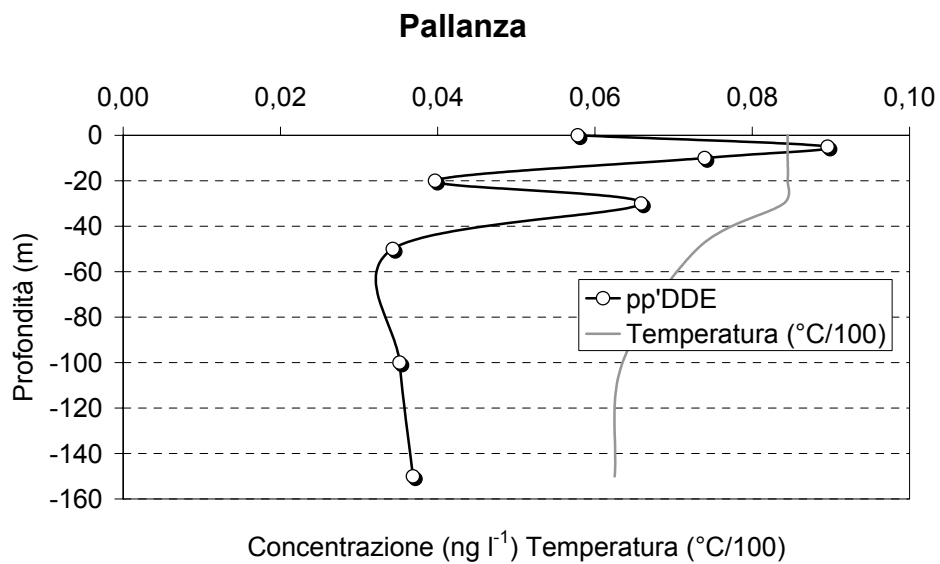


Fig. 2.7. Pallanza, Febbraio 2007.

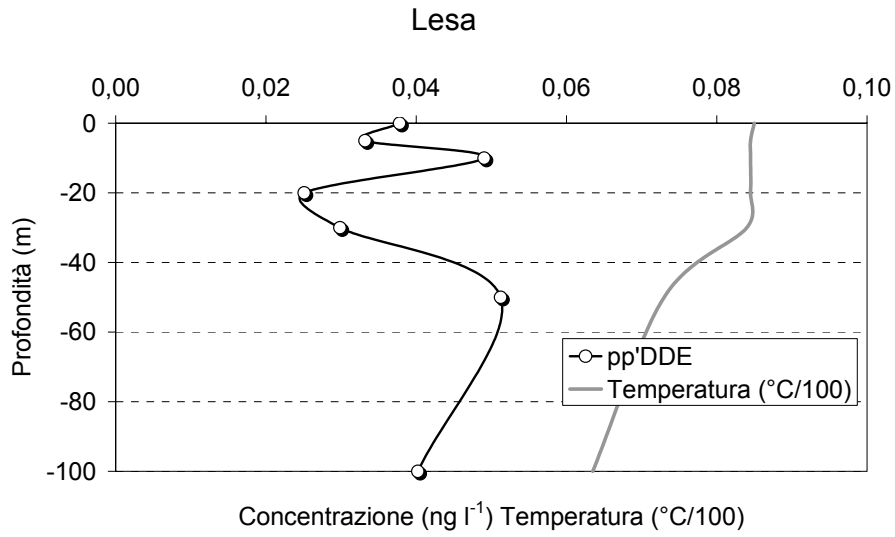


Fig. 2.8. Lesà, Febbraio 2007.

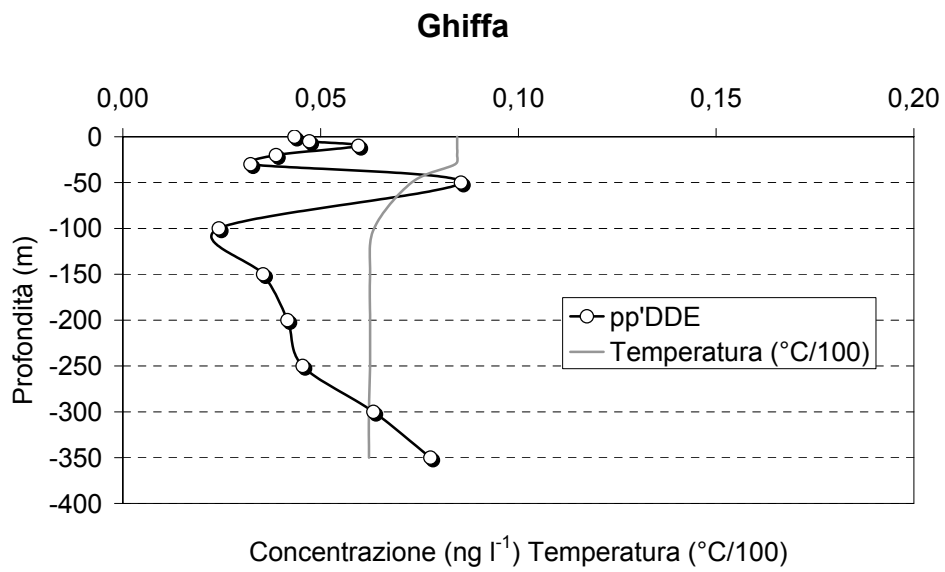


Fig. 2.9. Ghiffa, Febbraio 2007.

2.1. Confronto con i dati pregressi e analisi temporale della contaminazione.

Per la stazione di Ghiffa, che è la più rappresentativa della situazione generale del lago, è stato valutato l'andamento della contaminazione durante tutto il periodo di studio (2002-2007). Si è considerata sola la frazione disciolta, disponibile per la bioconcentrazione nei pesci, utilizzando i dati relativi ai campioni integrati di tutta la colonna d'acqua o, in assenza di questi, alle medie di tutti i campioni (Figura 2.10).

Gli eventi di piena (Maggio e Novembre 2002 e Ottobre-Novembre 2004), indicati con una freccia, non sembrano determinare immediatamente un aumento delle concentrazioni a Ghiffa. Il ritardo è dovuto probabilmente al tempo necessario per la risospensione del sedimento fine e per la degradazione della sostanza organica alla quale sono associati i contaminanti. Tuttavia è anche possibile che altre fonti secondarie di contaminazione abbiano contribuito ai bruschi aumenti di concentrazione verificatisi alla fine del 2003 e all'inizio del 2006.

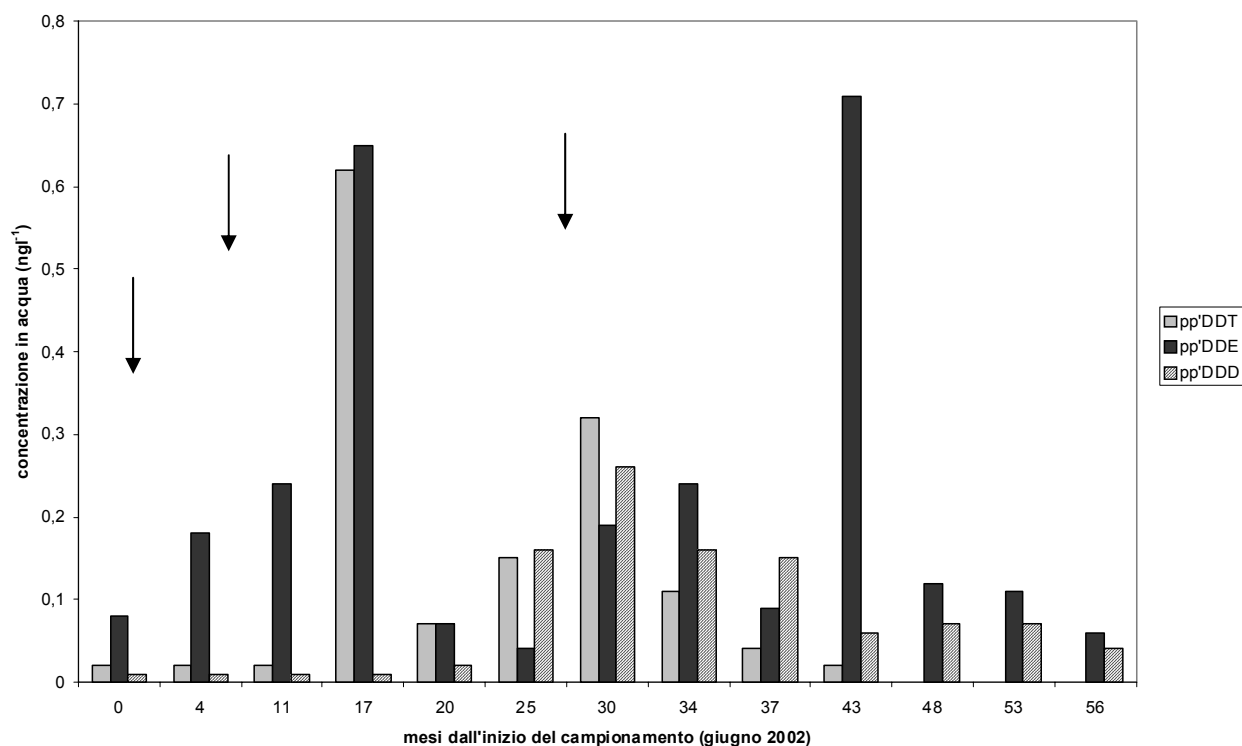


Fig. 2.10. Andamento della contaminazione da pp'DDT, pp'DDE e pp'DDD nella stazione di Ghiffa nel periodo giugno 2002- febbraio 2007. Le frecce indicano gli eventi di piena.

I tre contaminanti hanno andamenti diversi; il pp'DDE è sempre presente, rappresentando spesso la componente principale, il pp'DDD ha raggiunto la concentrazione massima alla fine del 2004 per poi diminuire gradatamente, il pp'DDT, che accompagnava i picchi del pp'DDE fino al 2004 è sceso sotto il limite di rilevabilità analitica a partire dal giugno 2006.

Si deve tuttavia ribadire che l'ultimo anno di campionamento è stato caratterizzato da scarsissime precipitazioni; non si può escludere, quindi, che la contaminazione possa ancora ripresentarsi in seguito a nuovi eventi di piena.

Al fine di valutare l'esposizione alla contaminazione delle specie ittiche di maggiore interesse ecologico e commerciale è stata considerata la media delle concentrazioni o il valore del campione integrato corrispondente all'epilimnio (0-30 m). Solo per i campioni invernali sono stati utilizzati i valori riferiti all'intera colonna d'acqua in cui le concentrazioni erano in genere piuttosto uniformi lungo il profilo verticale (Tabella 2.10).

Tab. 2.10. Concentrazioni epilimniche medie (0-30 m) dei composti organoclorurati (ng l^{-1}) nel periodo 2002-2007.

CAMPIONAMENTO	α HCH	HCB	γ HCH	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
giu-02	nd	0,06	0,15	0,18	nd	0,04
ott-02	0,05	0,06	0,02	0,16	nd	0,03
mag-03	0,17	0,25	0,04	0,22	nd	0,05
nov-03	0,14	0,10	0,09	0,87	nd	0,82
feb-04	0,20*	0,06*	0,18*	0,07*	0,06*	0,08*
lug-04	0,24	nd	0,24	0,15	0,05	0,05
dic-04	0,31	nd	0,25	0,26	0,30	0,23
mar-05	0,47*	0,03*	0,31*	0,24*	0,16*	0,11*
lug-05	0,13	<0,05	0,26	0,08	0,06	0,04
gen-06	0,27	0,06	0,11	0,84	0,06	0,02
giu-06	0,11	0,32	0,21	0,07	<0,05	<0,05
nov-06	0,08	0,09	0,10	0,06	0,05	<0,05
gen-07	0,14	0,07	0,15	0,04	0,02	<0,01

nd = non determinato,* valori medi di tutte le profondità (0-350 m)

Per il pp'DDE la contaminazione epilimnica si è attestata attorno a $0,2 \text{ ng l}^{-1}$ da giugno 2002 a marzo 2005 con un picco di $0,87 \text{ ng l}^{-1}$ a novembre 2003 e un minimo di $0,07 \text{ ng l}^{-1}$ a febbraio 2004. Il valore di novembre è dovuto a un picco massimo di contaminazione che si è osservato alla profondità di 30 m ($2,33 \text{ ng l}^{-1}$). La diminuzione osservata nel febbraio successivo, in corrispondenza della piena circolazione dovrebbe essere dovuta al rimescolamento di strati più contaminati con altri meno inquinati e alla definitiva sedimentazione del materiale sospeso che avviene quando si rompe il termoclinio.

Dal luglio 2005 al gennaio 2007 si è osservata una graduale riduzione del livello di contaminazione che è arrivata alla concentrazione di $0,04 \text{ ng l}^{-1}$. Anche in questo arco di tempo tuttavia si è osservato un picco di contaminazione a 30 m di profondità (gennaio 2006) con una concentrazione di pp'DDE di $2,49 \text{ ng l}^{-1}$. Tale picco è stato di intensità molto ridotta ($0,09 \text{ ng l}^{-1}$) nel gennaio successivo. Il campionamento del gennaio 2006 potrebbe aver risentito oltre che del rilascio del contaminante da parte del particolato alla fine della stagione di massima attività biologica, degli apporti dovuti alle abbondanti deposizioni nevose dell'inverno 2005-2006, del tutto assenti, invece, nell'inverno successivo.

La contaminazione più elevata del primo triennio di osservazione potrebbe essere dovuta, oltre alla graduale uscita dei contaminanti dal bacino lacustre attraverso l'emissario e il trasporto atmosferico, alle diverse condizioni climatiche rispetto all'ultimo periodo di osservazione caratterizzato da assenza di eventi di piena e scarse precipitazioni. Mentre il 2002 e il 2004 sono stati anni piovosi in cui si sono verificate delle piene, il 2003, il 2005 e il 2006 sono stati anni piuttosto secchi con effetti evidenti sia sul livello del lago Maggiore che sulla portata del Toce e del Ticino immissario (vedi Figura 3.2.2). Le portate medie annue di questi due fiumi sono state molto elevate nel 2002 ($82,31 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ per il Toce e $73,15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ per il Ticino), medie nel 2004 ($68,60$ e $62,76 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) e ridotte nel 2003 e nel 2005 ($42,46$ e $44,17 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nel 2003; $37,65$ e $33,33 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nel 2005).

Dopo le piene avvenute nel novembre 2002 e nel novembre 2004 la concentrazione di pp'DDE nell'epilimnio è aumentata passando rispettivamente da valori di $0,16$ e $0,15 \text{ ng L}^{-1}$ a valori pari a $0,22$ e $0,26 \text{ ng L}^{-1}$. Questo incremento non è stato osservato in assenza di questi eventi. C'è da dire comunque che la contaminazione aumenta in seguito alle piene, ma sembra ritornare in un tempo relativamente breve a livelli del tutto simili o addirittura inferiori a quelle precedenti.

Considerazioni analoghe valgono per il pp'DDT che è sceso al di sotto dei limiti di rilevabilità analitica nei campionamenti più recenti. Questo composto, a differenza del pp'DDE permane per minor tempo in acqua sia per la più breve emivita sia perché è più facilmente adsorbibile, accumulabile e sequestrabile dai sedimenti.

Per il pp'DDD l'andamento può essere osservato solo a partire dal febbraio 2004 perché il metodo di purificazione del campione usato in precedenza non ne consentiva il recupero quantitativo. Questo composto è generalmente associato al particolato ed è quindi più rintracciabile sia nei periodi in cui la produttività lacustre è alta sia in seguito a periodi di piovosità più consistente ($0,30 \text{ ng L}^{-1}$ nel dicembre 2004). Anche per questo metabolita comunque si è osservata una drastica diminuzione nei campioni del 2006-07 rispetto ai precedenti.

L'andamento delle concentrazioni dei composti organoclorurati, determinate nella frazione biodisponibile, è stato confrontato con quello delle concentrazioni misurate nei coregone bondella e negli agoni (si veda capitolo 6.3), dopo averle normalizzate per i lipidi, che sono il comparto di accumulo dei composti liofili. I picchi di concentrazione osservati nell'acqua non trovano riscontro nei picchi misurati nei pesci. Questi ultimi sembrerebbero invece essere in relazione con le piene del lago; il picco di pp'DDT, pp'DDE e pp'DDD della primavera 2003, osservato sia nei coregoni (Figura 2.11) sia negli agoni (Figura 2.12), dovrebbe dipendere dagli apporti delle piene del 2002. Il mese di Novembre 2002 era stato il più piovoso dal 1951. Anche la modesta esondazione dell'ottobre-novembre 2004 determina un incremento del pp'DDE e pp'DDD nei pesci la primavera successiva.

Del resto un incremento primaverile nel coregone bondella si è osservato anche nelle primavere del 2006 e del 2007 che non seguivano alcun periodo di piogge intense ed esondazioni. Verosimilmente ragioni fisiologiche contribuiscono, oltre a quelle ambientali, a determinare gli incrementi osservati, che interrompono un trend generale di diminuzione della contaminazione anche per i pesci come per l'acqua. Tale diminuzione è molto più evidente

per il composto parentale pp'DDT che per i suoi due metaboliti, pp'DDD e pp'DDE. Il pp'DDT del resto era sceso sotto il limite di rilevabilità analitica a partire dall'estate del 2006. La sua concentrazione è stata, quindi, inferiore a $0,05 \text{ ng l}^{-1}$ nel 2006 e inferiore a $0,01 \text{ ng l}^{-1}$ nel 2007. Anche per il pp'DDD sembra essere in corso una fase di depurazione dei pesci. Per il pp'DDE, invece, le fluttuazioni di concentrazione, sono ancora evidenti anche perché esso è un metabolita che si può formare sia nell'ambiente sia nel pesce stesso a partire dal pp'DDT fintanto che il pp'DDT è presente nei tessuti del pesce.

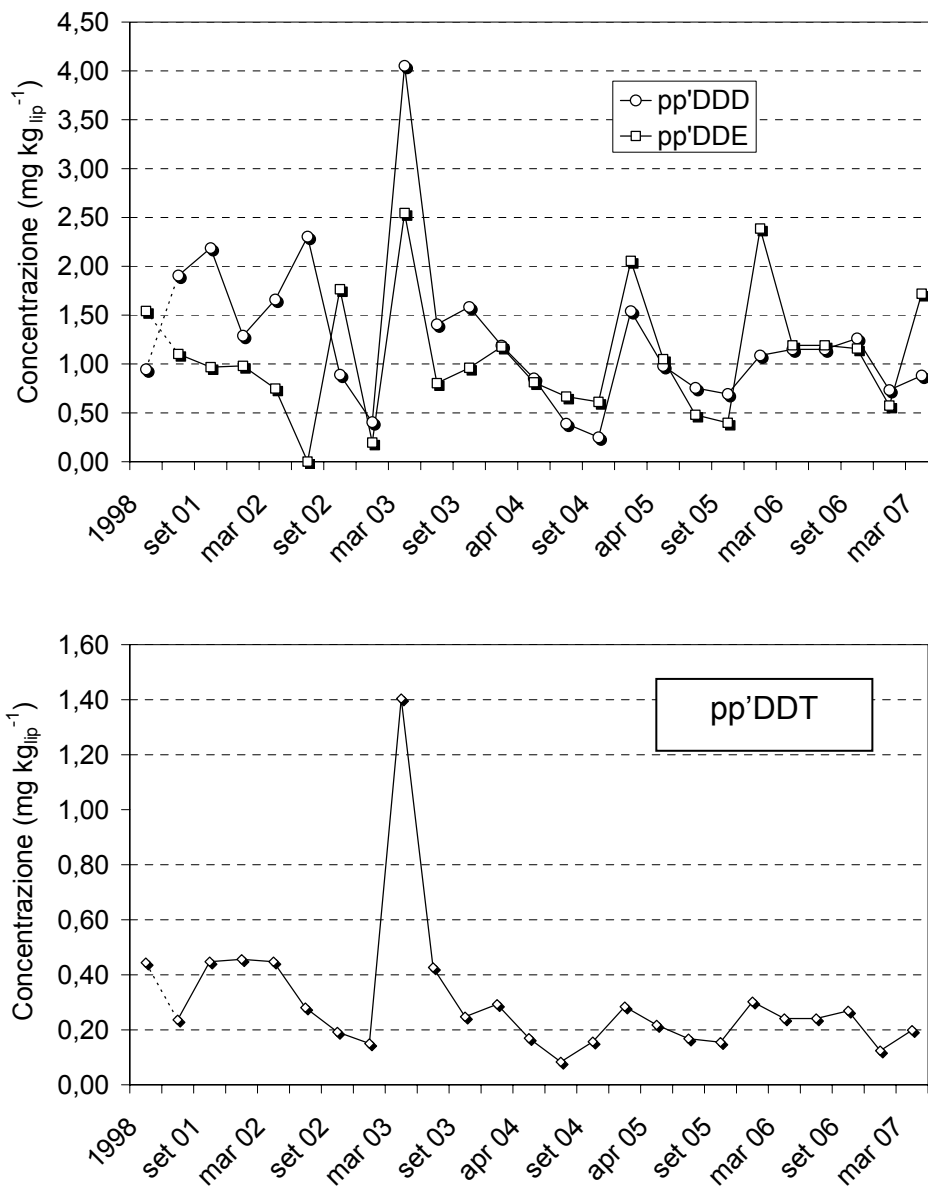


Fig. 2.11. Andamento della contaminazione da pp'DDE, pp'DDD, pp'DDT in coregone bondella nel 1998 e nel periodo 2001-2007. Concentrazioni normalizzate per i lipidi.

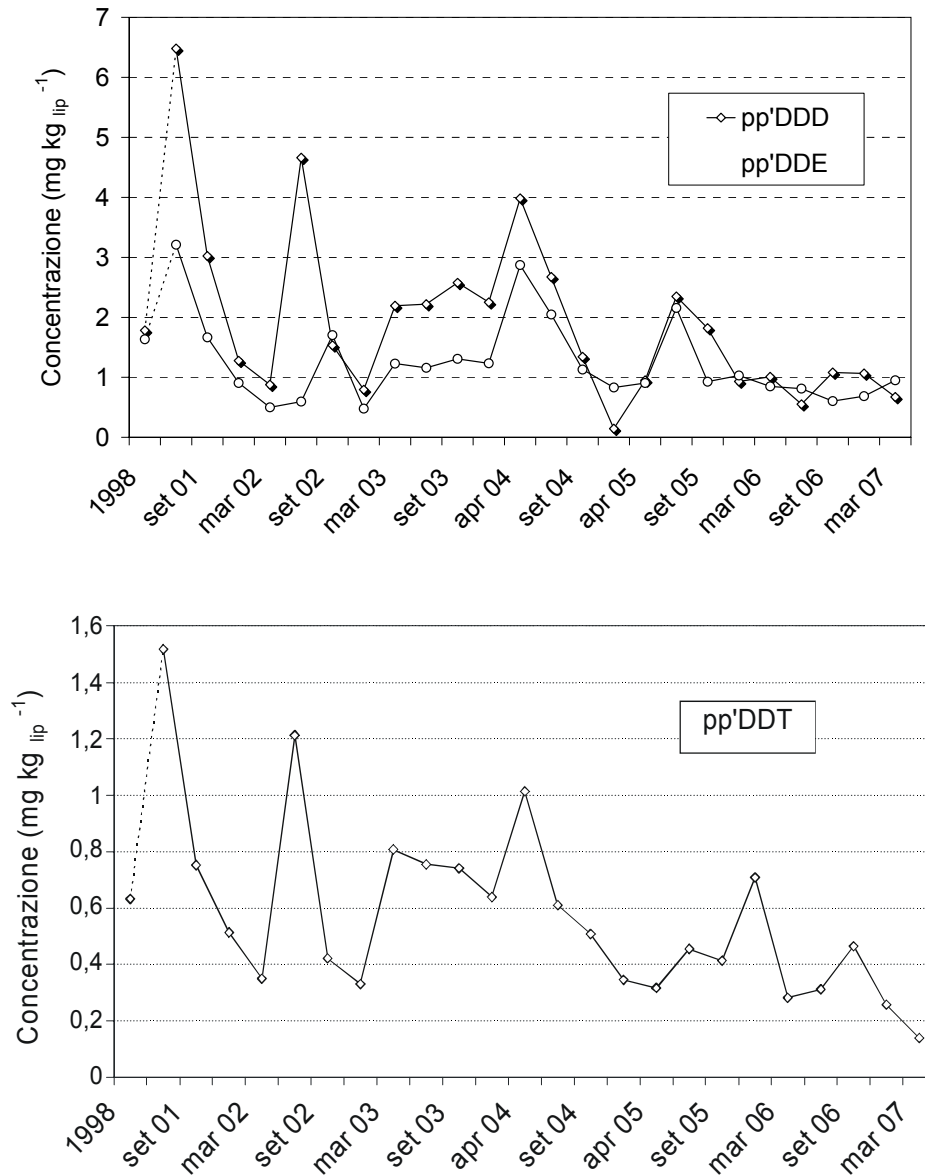


Fig. 2.12. Andamento della contaminazione da pp'DDE, pp'DDD e pp'DDT in agone nel 1998 e nel periodo 2001-2007. Concentrazioni normalizzate per i lipidi.

Se la contaminazione da pp'DDE nell'acqua dovesse stabilizzarsi attorno a 0,04 ng l⁻¹, qual è quella misurata nell'ultimo campionamento, in base ai modelli di bioaccumulo, si può prevedere il raggiungimento di concentrazioni nella parte edibile sia dell'agone sia della bondella accettabili per il consumo umano. Si deve osservare, tuttavia, che i modelli sinora adottati prevedono situazioni di equilibrio stazionario e non tengono conto della "memoria" della contaminazione pregressa. In realtà i pesci che superano l'anno di età hanno ancora nei loro tessuti i pesticidi accumulati in passato che vengono rilasciati molto lentamente. Questa sembrerebbe essere la causa principale del ritardo nel recupero delle popolazioni dei pesci del lago rispetto alle migliorate condizioni dell'acqua che risponde più prontamente alla diminuzione dei carichi.