

3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI

3.1. Campionamento, preparazione dei campioni e datazione

Aldo Marchetto, Andrea Lami, Stefano Gerli, Piero Guilizzoni, CNR-ISE, Verbania

Nelle nove stazioni prescelte (tre nel Bacino di Pallanza, sei lungo l'asse principale del lago; Fig. 3.1.1) a marzo 2011, sono stati effettuati i previsti campionamenti di carote di sedimento. Questi sono stati effettuati mediante carotatore a gravità (Fig. 3.1.2).

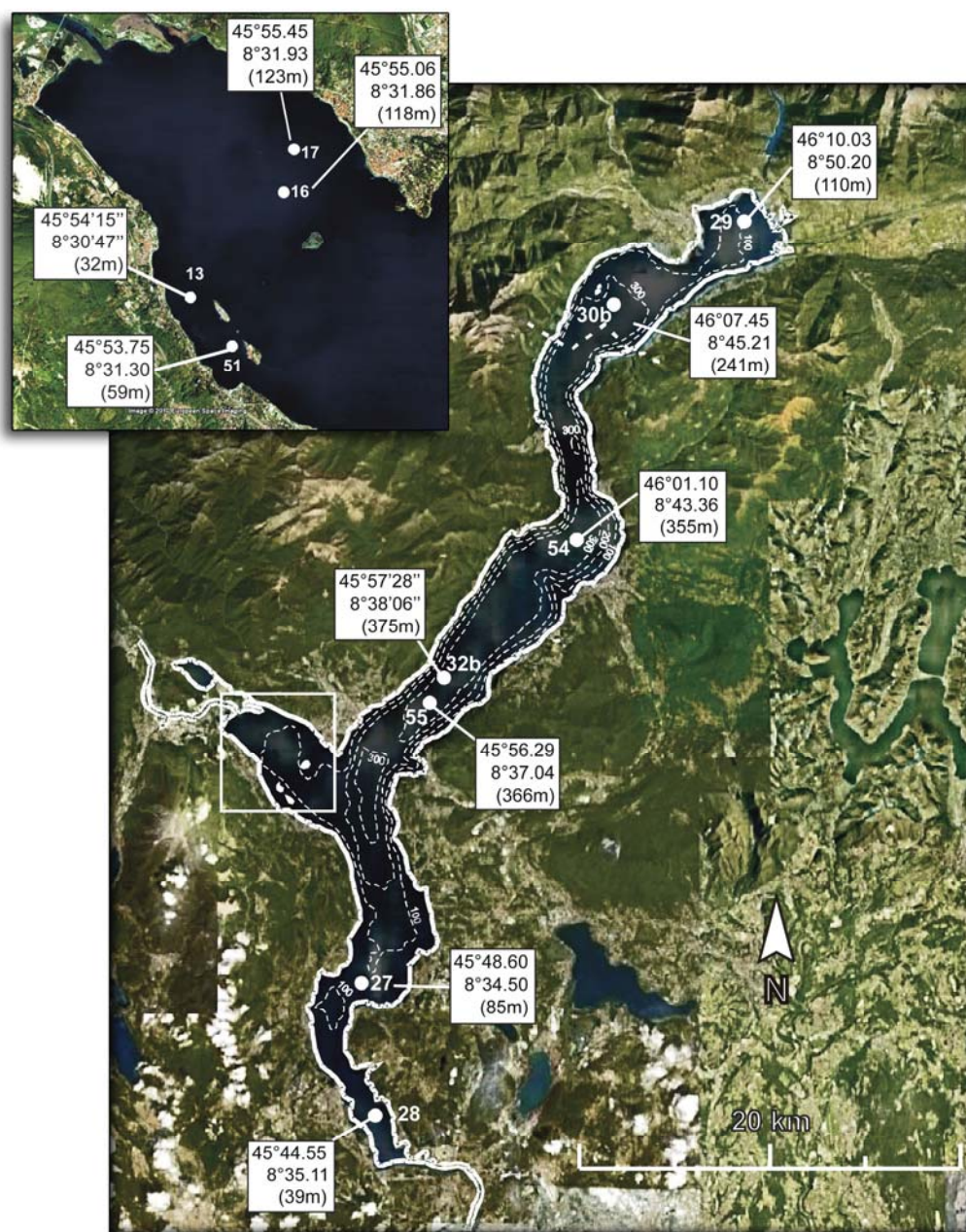


Fig. 3.1.1. Stazioni di campionamento dei sedimenti. In figura sono anche indicate le coordinate geografiche e le profondità di prelievo delle carote di sedimento.



Fig. 3.1.2. Carotatore a gravità, taglio longitudinale e sub campionamento della carota di sedimento.

Una volta raccolte le carote di sedimento sono state sezionate, fotografate (Fig. 3.1.2; 3.1.3) e distribuite ai colleghi dell'IRSA per le analisi dei metalli in traccia e composti organici. Tutte le carote di sedimento sono state analizzate per le diatomee sub-fossili nei primi 5-17 cm; è questo infatti l'intervallo entro il quale si è notato il sensibile cambiamento nei popolamenti a diatomee registrato sia a partire dal 1963, sia dal 1989 (Marchetto *et al.*, 2004). La sub-campionatura riguarda sia lo strato più superficiale della carota, il cui spessore può variare di anno in anno a seconda degli apporti esterni e corrispondente all'ultimo anno di sedimentazione (2009-2010) sia altre due sezioni corrispondenti ai sedimenti depositi a partire dal 2008.

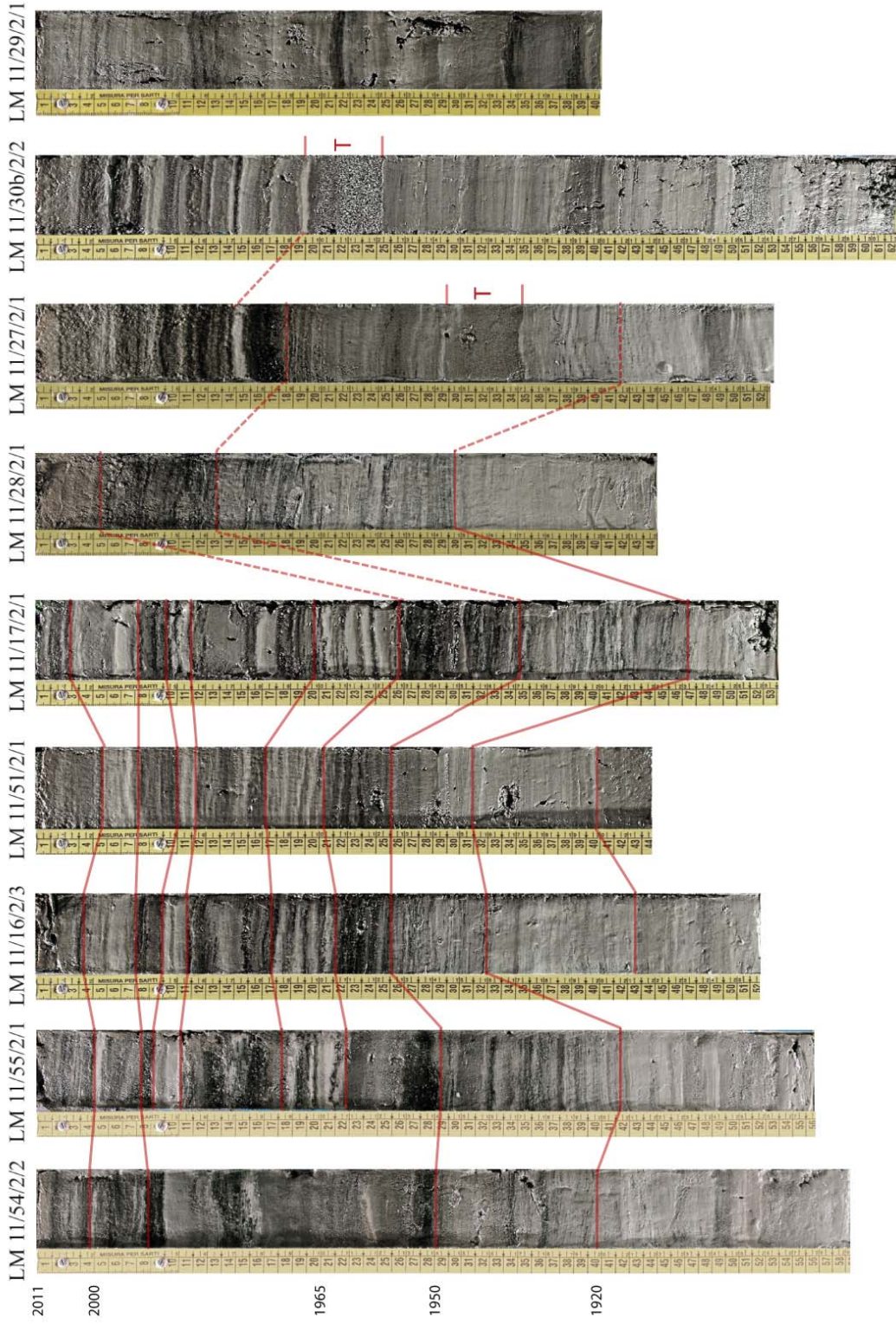


Fig. 3.1.3. Carote del Lago Maggiore prelevate nella primavera del 2011 nelle nove stazioni di campionamento indicate in Fig. 3.1.1.

I criteri di scelta di tali stazioni sono quelli adottati negli anni precedenti e cioè quelli di avere un quadro il più completo possibile sulla presenza e portata dell'inquinamento. Per ogni stazione si sono raccolte almeno due carote. Nelle tabelle 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 sono riportate per un confronto anche i dati delle stazioni del programma 2001-2007 (CIPAIS, 2007), facendo presente che, a partire dal rapporto CIPAIS 2008, sono state modificate la localizzazione di due stazioni: quelle denominate 55 e 51 hanno sostituito rispettivamente la 32B (Ghiffa) e la 13 (Baveno). Ciò a causa di un cambiamento dei fondali che ha reso inutilizzabile le stazioni precedenti. Inoltre si sono aggiunte tre nuove stazioni: la 29 (Brissago), la 54 (Cannobio-Luino) e la 28 (Arona).

Al fine di datare e correlare le carote di sedimento si sono condotte anche le previste analisi di diatomee sub-fossili. I tassi di sedimentazione relativi a queste carote sono riportati in tabella 3.1.1. La variabilità dei tassi di sedimentazione a partire dal 2001, anno in cui si è iniziata la raccolta sistematica dei sedimenti, è riportata nella tabella 3.1.2.

Tab. 3.1.1. Tassi di sedimentazione (cm a^{-1}) stimati mediante analisi diatomologiche delle carote di sedimento prelevate nel 2011 nel Lago Maggiore. 1989 è l'anno in cui si sono verificati i cambiamenti nei popolamenti a diatomee (*Stephanodiscus* spp. e *Cyclotella* spp.).

Carota	Transizione <i>Stephanodiscus</i> -> <i>Cyclotella</i>	
	Tasso di sedimentazione (cm a^{-1})	
	cm	2011
LM2011/16/2/3	14	0,64
LM2011/17/2/1	16,5	0,75
LM2011/27/2/1	10	0,45
LM2011/28/2/1	5	0,23
LM2011/29/2/1	20	0,91
LM2011/30b/2/2	10,5	0,48
LM2011/51/2/1	14,5	0,66
LM2011/54/2/2	11	0,50
LM2011/55/2/1	5	0,23

Tab. 3.1.2. Variabilità del tasso di sedimentazione nel tempo e nello spazio in 12 differenti siti di campionamento del Lago Maggiore.

Stazione	Transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i>				Stazione	Transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i>			
	Carota	cm	Tasso sedim. (cm a ⁻¹) escluse torbide			Carota	cm	Tasso sedim. (cm a ⁻¹) escluse torbide	
16	2011	14	0,64	-	29	2011	20	0,91	-
	2008	10	0,53	-		2008	-	1*	-
	2007	14	0,8	-	30b	2011	10,5	0,48	-
	2006/10	11	0,63	-		2008	-	0,33*	-
	2006/03	11,5	0,66	0,55		2006	6	0,34	-
	2005/09	14	0,88	0,84		2005	6	0,38	-
	2005/03	10	0,61	0,46		2004	5,5	0,35	-
	2004	10,5	0,68	-		2003	5	0,36	-
	2003/09	9	0,64	-	2002	5,5	0,29	0,29	
	2003/03	10	0,71	0,63	51	2011	14,5	0,66	-
2002	17	0,89	0,47	2008		11	0,58	-	
17	2011	16,5	0,75	-	54	2011	11	0,5	-
	2008	-	0,5*	-		2008	8	0,42	-
	2007	11,5	0,66	0,43	55	2011	5	0,23	-
	2006/10	14	0,8	0,71		2008	-	0,64*	-
	2006/03	9	0,51	0,5	13 (Baveno)	2007	5	0,77*	-
	2005/09	16,5	1,03	0,88		2006/10	30	1,71	0,49
	2005/03	10	0,61	0,49		2006/03	11	0,63	0,59
	2004	13	0,84	-		2005/09	9,5	0,59	0,53
	2003/09	11	0,79	-		2005/03	13	0,8	0,46
	2003/03	14	1	0,91		2004	13	0,84	-
2002	3	0,16	0,16	2003/09		5,5	0,39	-	
2001	8	0,67	-	2003/03		7,5	0,54	0,51	
27	2011	10	0,45	-	2002	8	0,42	0,42	
	2008	-	0,57*	-	2001	8	0,67	-	
	2006	3	0,17	-	32b (Ghiffa)	2006	-	-	-
	2005	3,5	0,22	-		2005	29	1,81	0,94
	2004	3,5	0,23	-		2004	-	0,63**	-
	2003	3,5	0,25	-		2003	15	1,07	-
2002	-	-	-	2002	30 (circa)	1,58	1,58		
28	2011	5	0,23	-	52	2006	8	0,46	-
	2008	-	0,3*	-					

* Dato stimato in base alla presenza di torbiditi dell'alluvione del 2000;

** Dato stimato in base al cambiamento di litologia (da sedimento clastico a organico, datato a circa 1960).

Tab. 3.1.3. Variabilità del tasso di sedimentazione nel tempo e nello spazio in 12 differenti siti di campionamento del Lago Maggiore.

Stazione	Transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i> (cm a ⁻¹)											
	2011	2008	2007	2006/10	2006/03	2005/09	2005/03	2004	2003/09	2003/03	2002	2001
16	0,64	0,53	0,8	0,63	0,55	0,84	0,46	0,68	0,64	0,63	0,47	-
17	0,75	0,5*	0,43	0,71	0,5	0,88	0,49	0,84	0,79	0,91	0,16	0,67
27	0,45	0,57*		0,17		0,22		0,23	0,25			
28	0,23	0,3*										
29	0,91	1*										
30b	0,48	0,33*		0,34		0,38		0,35	0,36		0,29	
51	0,66	0,58										
54	0,5	0,42										
55	0,23	0,64*										
13			0,77*	0,49	0,59	0,53	0,46	0,84	0,39	0,51	0,42	0,67
32b						0,94		0,63**	1,07		1,58	
52				0,46								

* Dato stimato in base alla presenza di torbidità dell'alluvione del 2000

** Dato stimato in base al cambiamento di litologia (da clastico a organico, circa 1960)

Tab. 3.1.4. Confronto dei tassi di sedimentazione (cm a⁻¹) stimati mediante analisi diatomologiche delle carote di sedimento prelevate dal 2001 al 2011 nel Lago Maggiore. 1963 e 1989 sono gli anni in cui si sono verificati i cambiamenti nei popolamenti a diatomee. Sono indicate inoltre la profondità nella carota e lo spessore dello strato di sedimento depositato dopo l'alluvione del 2000.

stazione	data:	alluvione 2000 profondità (cm)	torbida spessore (cm)	tasso 2000-2006 (cm a ⁻¹)	transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i>			transizione <i>Cyclotella/Stephanodiscus</i>				
					1989 profondità (cm)	tasso 1989-2006 (cm a ⁻¹)	tasso 1989-2006 escluse torbide	1963 profondità (cm)	tasso 1963-2006 (cm a ⁻¹)	tasso 1963-2006 senza torbide (cm a ⁻¹)	tasso 1989-1963 (cm a ⁻¹)	
16	2011				14	0,64						
	2008				10	0,53						
	2007				14	0,80						
	2006/10				11	0,63		22	0,51			
	2006/03	3,2	1,8	0,53	11,5	0,66	0,55	27	0,62	0,58	0,60	
	2005/09	3,5	0,5	0,73	14	0,88	0,84	29	0,68	0,67	0,58	
	2005/03	2,5	2,5	0,52	10	0,61	0,46	25	0,59	0,53	0,58	
	2004				10,5	0,68						
	2003/09				9	0,64		20	0,50	0,00	0,42	
	2003/03	1,4	1,2	0,56	10	0,71	0,63	27	0,68	0,00	0,65	
2002					17	0,89	0,47					
13	2007	5	21	0,77								
	2006/10	3	21,5	0,50	30	1,71	0,49					
	2006/03	2,4	0,6	0,40	11	0,63	0,59	16	0,37	0,36	0,19	
	2005/09	3	1	0,63	9,5	0,59	0,53	17	0,40	0,37	0,29	
	2005/03	3	5,5	0,63	13	0,80	0,46	27	0,64	0,51	0,54	
	2004				13	0,84		27	0,65	0,00	0,54	
	2003/09				5,5	0,39		13,5	0,34	0,00	0,31	
	2003/03	1,7	0,4	0,68	7,5	0,54	0,51	16	0,40	0,00	0,33	
	2002				8	0,42	0,42	21**	0,54	0,54	0,65	
	2001				8	0,67						

Tab. 3.1.3. Continua.

stazione	data:	alluvione 2000 profondità (cm)	torbida spessore (cm)	tasso 2000-2006 (cm a ⁻¹)	transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i>			transizione <i>Cyclotella/Stephanodiscus</i>			
					1989 profondità (cm)	1989-2006 (cm a ⁻¹)	tasso 1989-2006 escluse torbide	1963 profondità (cm)	tasso 1963-2006 (cm a ⁻¹)	tasso 1963-2006 senza torbide (cm a ⁻¹)	tasso 1989-1963 (cm a ⁻¹)
17	2011				16,5	0,75					
	2008	3,5		0,50							
	2007	2,5	4	0,38	11,5	0,66	0,43				
	2006/10	4,5	1,5	0,75	14	0,80	0,71	27	0,62		
	2006/03	2,2	0,3	0,37	9	0,51	0,50	21	0,48	0,48	0,46
	2005/09	1,5	2,5	0,31	16,5	1,03	0,88	35	0,82	0,76	0,71
	2005/03	2,3	2	0,48	10	0,61	0,49	30	0,71	0,66	0,77
	2004				13	0,84					
	2003/09				11	0,79		25,5	0,64	0,00	0,56
	2003/03	2,7	1,2	1,08	14	1,00	0,91	31	0,78	0,00	0,65
	2002				3	0,16	0,16				
2001				8	0,67						
30b	2011				10,5	0,48					
	2008					0,33					
	2006/10				6	0,34		>=15	>=0,34		
	2005/09				6	0,38		24	0,56		0,69
	2004/09				5,5	0,35		15	0,36	0,00	0,37
	2003/09				5	0,36		12	0,30	0,00	0,27
2002				5,5	0,29	0,29	12,5**	0,32	0,32	0,35	
32b	2006/09							tutta pre 1963			
	2005/09	3	14,5	0,63	29	1,81	0,94	43	1,01	0,68	0,54
	2004/09					0,63**					
	2003/09				15	1,07					
2003/09					0,88**						
2002				~30**	1,58	1,58	59**	1,51	1,51	1,45	
27	2011				10	0,45					
	2008					0,57					
	2006/09				3	0,17		7	0,16		
	2005/09				3,5	0,22		12	0,28		0,33
	2004/09				3,5	0,23		13	0,31	0,00	0,37
	2003/09				3,5	0,25		13	0,33	0,00	0,37
2002		1					8	0,21	0,18		
52	2006/10				8	0,46		20	0,46		
28	2011				5	0,23					
	2008					0,30					
29	2011				20	0,91					
	2008					1,00*					
51	2011				14,5	0,66					
	2008				11	0,58					
54	2011				11	0,50					
	2008				8	0,42					
55	2011				5	0,23					
	2008					0,64*					

*Dato stimato in base alla presenza di torbiditi determinati dall'alluvione del 2000.

**Dato stimato in base alla descrizione litologica della carota

Datazione delle carote

Avendo già determinato in precedenza che il tasso di accumulo del sedimento nel Lago Maggiore è molto variabile, sia nello spazio che nel tempo, tutte le carote sono state datate singolarmente e sono stati calcolati i tassi di sedimentazione per la parte più superficiale di ogni singola carota, utilizzando, a seconda delle condizioni, due metodi:

1) quando nelle carote era ben evidente la presenza di materiale estraneo (torbidite) relativo alla piena eccezionale del 2000, il livello sommitale di tale materiale è stato considerato rappresentativo dell'autunno 2000 e il tasso di sedimentazione è stato calcolato dividendo la distanza tra tale livello e la sommità della carota e gli anni (e frazioni) trascorsi a partire da quella data.

2) in assenza di un segnale evidente della piena del 2000, è stato utilizzato un marker biologico, utilizzando l'abbondanza relativa di due specie di diatomee planctoniche tipiche del Lago Maggiore.

Infatti l'analisi diatomologica si è dimostrata un valido strumento di datazione in quanto l'evoluzione temporale dei popolamenti a diatomee nel corso degli ultimi 50 anni è ben documentata sia dalla letteratura (Ruggiu, 1989, Ruggiu *et al.*, 1998), sia da uno studio recente sui sedimenti (Marchetto & Musazzi, 2001; Marchetto *et al.*, 2003) e quindi è possibile dai singoli profili riconoscere con un notevole grado di affidabilità i vari livelli in cui si sono verificate le principali modificazioni nella comunità planctonica. I lavori citati hanno anche mostrato che la composizione specifica dei campioni di diatomee in carote prelevate in varie parti del Lago Maggiore differiscono per la componente bentonica, ma sono molto omogenee per quanto riguarda le specie planctoniche.

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

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

I punti di transizione da una zona all'altra sono marcati dalla comparsa di percentuali significative di *Tabellaria flocculosa*. A partire dalla bibliografia citata, la fase di transizione tra la zona 2 e la zona 3 delle carote corrisponde con notevole affidabilità al 1989, quando le popolazioni di diatomee hanno risposto in modo netto al recupero delle migliori condizioni del lago. Il punto di passaggio tra la zona 1 e 2 può essere fatto risalire ad una data di poco anteriore al 1965, quando Goldman *et al.* (1968) trovavano il plancton del Lago Maggiore ricco di *Tabellaria flocculosa*. Poiché in molte delle carote prelevate nel 1989 e nel 1991 questo cambiamento veniva rilevato in coincidenza con la universale massima concentrazione di ¹³⁷Cs da deposizione atmosferica, si è ragionevolmente datato con l'anno 1963 questo livello sedimentario caratterizzato dalla fioritura di *Tabellaria flocculosa*.