

## LAGO DI BOLSENA: DATAZIONE CON IL CARBONIO-14 DI REPERTI SOMMERSI E FLUTTUAZIONI OLOCENICHE DEL LIVELLO DELLE ACQUE

G. Belluomini<sup>(1)</sup> - L. Manfra<sup>(2)</sup> - A. Proposito<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro di Studio per il Quaternario e l'Evoluzione Ambientale del CNR

Dip.to di Scienze della Terra - Università "La Sapienza" - Roma

<sup>(2)</sup> Dip.to di Scienze della Terra - Università "La Sapienza" - Roma

**RIASSUNTO** - *Lago di Bolsena: datazione con il Carbonio-14 di reperti sommersi e fluttuazioni oloceniche del livello delle acque.* - Il Quaternario, 6(2), 1993, p. 99-104 - Vengono esposti i risultati, ottenuti con il metodo del <sup>14</sup>C, di 20 analisi effettuate principalmente su legno di palafitte trovate a profondità variabile ed infisse nel fondale del lago di Bolsena nei siti: Gran Carro, Punta Gran Carro, Tempietto, Ragnatoro I, Ragnatoro Sud e Fosso Maltempo. Lo studio, nel suo complesso, ha indicato che: 1) Il villaggio palafitticolo del Gran Carro, di cultura Villanoviana e situato alla profondità di circa 4 m dal livello attuale del lago, è stato probabilmente abitato dall'Uomo per un intervallo di tempo di alcuni secoli; 2) Fra la metà del XII e l'inizio dell'VIII sec. a.C., il livello del lago si trovava a circa 3,5 m al di sotto dell'attuale e, durante tutto questo periodo, esso è rimasto praticamente costante; 3) E' probabile che, come indicato dalla datazione effettuata a Fosso Maltempo, circa 1500 anni BP il livello delle acque fosse ad una quota di circa 6 metri più bassa dell'attuale; 4) I valori di età dei pali lavorati ed infissi trovati nel fondale delle località di Tempietto, Punta Gran Carro, Ragnatoro I e Ragnatoro Sud e rinvenuti ad una profondità variabile fra 7,5 e 9,6 m rispetto all'attuale livello del lago, hanno evidenziato che nel periodo compreso fra la metà del XIV e l'inizio del XVII sec. A.D. le acque del lago erano scese alla quota di -8 m circa rispetto all'attuale livello. E' interessante notare, infine, che le variazioni oloceniche del livello del lago di Bolsena qui evidenziate sono confermate sia dagli studi da noi effettuati nei vicini laghi di Martignano e Mezzano che da quelli compiuti da altri Autori per il lago del Fucino.

**ABSTRACT** - *Bolsena Lake: <sup>14</sup>C age determinations of fossil samples from submerged pile-dwelling settlements. Holocene lake level fluctuations.* - Il Quaternario, 6(2), 1993, p. 99-104 - Twenty <sup>14</sup>C age determinations on wood samples from the piles of a Villanovian pile-dwelling settlement, which protrude from the bottom of Bolsena lake at various depth, have been carried out. Studied sites are Gran Carro, Punta Gran Carro, Tempietto, Ragnatoro I, Ragnatoro Sud and Fosso Maltempo on the Lake of Bolsena in central Italy. On the basis of the obtained results, it has been concluded that: 1) The Gran Carro pile-dwelling settlement of Villanovian culture, which is ~4 m below present lake level, had probably been inhabited by Man for a time interval of several hundred years; 2) From the first half of 1200 to the beginning of 800 B.C. (about 3000 years ago), for a time interval of 400 years the lake level had been approximately 3.5 m lower than present level; 3) <sup>14</sup>C determinations on wood samples from trunks at Fosso Maltempo have yielded the age of 1495 ± 65 years B.P.; at that time, the lake level was approx. 6 m lower than present level; 4) The age of handmade piles protruding from the lake bottom at a depth of 7.5 to 9.6 m from the surface at Tempietto, Punta Gran Carro, Ragnatoro I and Ragnatoro Sud, show that the lake level was about 8 m lower than present one in the period from 1300 to the beginning of 1600 AD. Results on Bolsena lake level fluctuations in recent Holocene times are in good agreement with literature data on level fluctuations of the nearby lakes of Martignano and Mezzano, and also on level changes of Fucino lake.

Parole-chiave: Datazioni <sup>14</sup>C, Lago di Bolsena, Olocene, fluttuazioni del livello del lago, villaggio Villanoviano.

Key-words: Radiocarbon dating, Bolsena lake, Holocene, Lake level fluctuations, Villanovian pile-dwelling settlement.

### 1. INTRODUZIONE

La collaborazione fra la Soprintendenza alle Antichità dell'Etruria Meridionale ed il nostro Laboratorio di datazione con il metodo del <sup>14</sup>C risale, per quanto riguarda lo studio cronologico dei reperti del lago di Bolsena, al novembre del 1971.

In quella occasione, il Soprintendente M. Moretti chiedeva la datazione di un campione di legno proveniente da un villaggio preistorico sommerso presso la costa orientale del lago. Il campione era costituito dalla parte superiore di una palafitta appena sporgente dai sedimenti del fondale; nel sito, inoltre, erano presenti numerose altre palafitte ed abbondante materiale ceramico. Questo villaggio palafitticolo, scoperto dall'ing. Alessandro Fioravanti nel 1959 e denominato "Gran Carro", ben presto fu riconosciuto di eccezionale interesse archeologico e, sulla base sia delle analisi radiometriche

che dello studio delle caratteristiche dei reperti ceramici, è stato attribuito alla cultura Villanoviana.

Ci sembra importante sottolineare come questo studio, nato in origine come un problema di interesse squisitamente archeologico, si sia poi ampliato con l'acquisizione di nuovi dati, soprattutto radiometrici (Belluomini *et al.*, 1992),<sup>(1)</sup> coinvolgendo anche altri campi di indagine quali, ad esempio, quello geologico, paleoclimatologico e storico.

In questi ultimi 20 anni circa il nostro Laboratorio ha studiato, in tempi successivi, oltre all'insediamento del Gran Carro (Alessio *et al.*, 1975, 1978, 1991;) anche altre località attualmente sommerse come Punta Gran Carro,

<sup>(1)</sup> I dati radiometrici e le parti di testo già pubblicati in Belluomini *et al.*, 1992 vengono qui riportati con l'autorizzazione dell'editore (Città di Bolsena Editrice, lettera prot. n° 3832 del 22.10.1993)

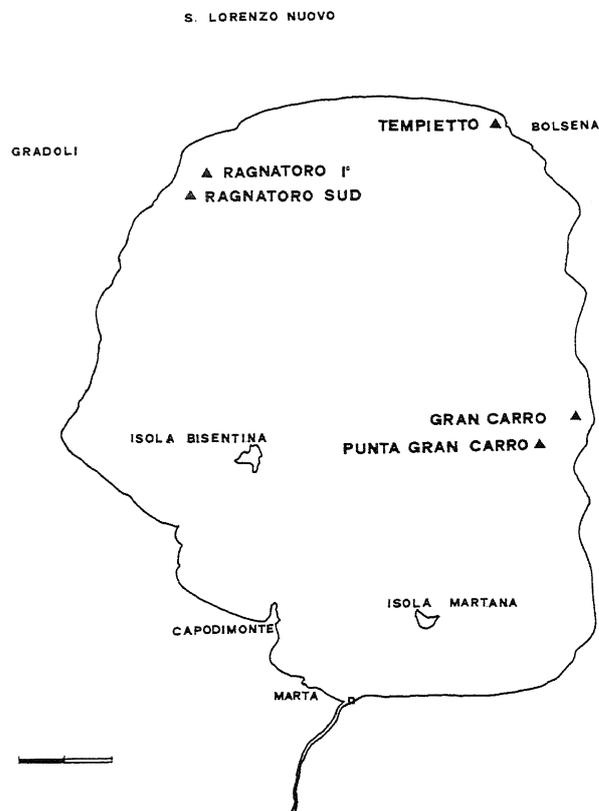


Fig. 1 - Lago di Bolsena con ubicazione delle località interessate dalle ricerche.

*The Bolsena Lake and location of sampling sites.*

Tempietto (Alessio *et al.*, 1991), Ragnatoro I, Ragnatoro Sud, Fosso Maltempo e l'Isola Bisentina (Fig. 1).

Sono state effettuate circa 30 datazioni su campioni costituiti da legno, legno parzialmente carbonizzato, carbone ed alimenti combustibili. Purtroppo, come molto spesso accade, non tutti i campioni prelevati dai fondali del lago nelle località sopracitate si sono rivelati reperti archeologici o geologici di completa affidabilità come, ad esempio, è accaduto per i campioni dell'Isola Bisentina.

Senza entrare in particolari sui principi del metodo di datazione con il  $^{14}\text{C}$ , peraltro ampiamente descritti in Alessio *et al.* (1985), ricorderemo brevemente che la trasformazione del campione (carbone, legno, torba, ossa, conchiglie, ecc...) in benzene viene effettuata utilizzando la procedura chimica suggerita da Broecker *et al.* (1959) ed in parte modificata da Belluomini *et al.* (1978)<sup>(2)</sup>. La

(2) I materiali investigati in questo lavoro (con l'eccezione del campione R-1121, del quale parleremo in seguito, vedi Tabella 1), dopo un accurato esame al microscopio stereoscopico, sono stati sottoposti al trattamento acido-alcalino, ormai generalizzato (Alessio *et al.*, 1970). Lo scopo del pretrattamento chimico al quale tutti i materiali devono essere sottoposti è quello di eliminare il carbonio estraneo contaminante che può compenetrare i campioni durante la loro permanenza in acqua, come in questo caso, o nel terreno, provocandone un invecchiamento o un ringiovanimento.

misura dell'attività residua del  $^{14}\text{C}$  e quindi la datazione dei materiali fossili in studio, è effettuata mediante l'uso di contatori a scintillatore liquido. Il conteggio è realizzato automaticamente ogni 30 minuti per periodi di 20 ore ed è effettuato in due diversi contatori. Ciascun campione di benzene è contato per almeno 60 ore (Alessio *et al.*, 1985) e la misura dell'attività residua è giudicata valida soltanto quando in entrambi viene registrato lo stesso valore.

## 2. RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Tabella 1 sono riportati, con alcune note esplicative, i risultati delle analisi radiometriche dei campioni provenienti dall'insediamento palafitticolo del Gran Carro. I campioni compresi fra la sigla R-1120 e quella R-1127 provengono da un saggio sperimentale di campionamento effettuato in un quadrato di  $2\text{m} \times 2\text{m}$  suddiviso in 4 quadranti di  $1\text{m}^2$  ciascuno. I campioni sono stati raccolti a diverse profondità. Sono state inoltre datate 2 palafitte (R-859 e R-219-BO) e degli alimenti combustibili (R-1210) rinvenuti all'interno di un vaso di ceramica.

Fatta eccezione per il campione R-1121 risultato della fine del XVI sec. a.C. e quindi di gran lunga il più antico della serie, ma probabilmente invecchiato per contaminazione da carbonio vecchio, tutti gli altri reperti investigati hanno dato una età convenzionale compresa fra l'inizio del XI sec. a.C. e la metà dell'VIII (Tab. 1). Se inoltre consideriamo le età calibrate o probabili età vere, che sono i valori più corretti da interpretare (Fig. 2), si osserva che la fascia di massima sovrapposizione degli intervalli di tempo dei campioni risulta di circa 4 secoli, cioè dalla metà del XII all'inizio dell'VIII secolo a.C.

Questo importante risultato ci consente di ipotizzare che il villaggio palafitticolo sia stato utilizzato per diversi secoli e che per tutto questo ampio arco di tempo il livello del lago sia rimasto praticamente costante, cioè a 3-3,5 metri al di sotto dell'attuale. In particolare, le età

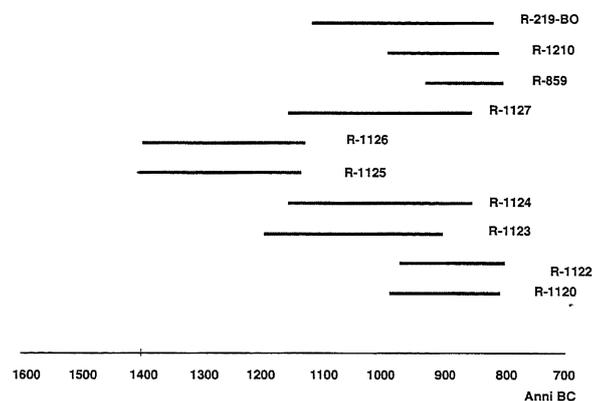


Fig. 2 - Età calibrate o probabili età vere dei campioni dell'insediamento del Gran Carro.

*Calibration of Radiocarbon ages of samples from the Gran Carro dwelling settlement.*

Tabella 1 - Lago di Bolsena. Inseediamento del Gran Carro.  
Bolsena Lake, Gran Carro lake-dwelling.

Ubicazione del campione	Sigla campione	Reperto investigato	Profondità (m)	Età convenzionale <sup>14</sup> C (anni) (T1/2 = 5568±30 anni) <sup>(1)</sup>	Età calibrate o probabili età vere <sup>(2)</sup> (95% confidenza = 2σ)
Quadrante I, sup.	R-1120 <sup>(3)</sup>	Legno carbonizzato	3.80	2740±50 BP*	989 ÷ 807 BC**
Quadrante I, str.I	R-1121 <sup>(3)</sup>	Frammenti di legno <sup>(4)</sup>	3.85	3470±80 "	970 ÷ 1530 "
Quadrante II, sup.	R-1122 <sup>(3)</sup>	" "	3.90	2710±50 "	975 ÷ 797 "
Quadrante II, str.I	R-1123 <sup>(3)</sup>	" "	3.95	2860±50 "	1197 ÷ 897 "
Quadrante III, str.I	R-1124 <sup>(3)</sup>	Legno e Carbone	4.00	2850±50 "	1158 ÷ 849 "
Quadrante III, str.II	R-1125 <sup>(3)</sup>	" "	4.05	3040±50 "	1405 ÷ 1130 "
Quadrante IV, str.I	R-1126 <sup>(3)</sup>	" "	4.10	3030±50 "	1401 ÷ 1124 "
Quadrante IV, str.II	R-1127 <sup>(3)</sup>	Legno carbonizzato	4.15	2850±50 "	1158 ÷ 849 "
≈ 10 m dal Quadr.	R- 859 <sup>(4)</sup>	Legno di palafitta	≈ 4	2700±50 "	930 ÷ 794 "
Zona centr.insed.	R-1210 <sup>(5)</sup>	Alimenti combust	4.10	2740±50 "	989 ÷ 807 "
Zona centr. insed.	R- 219-BO	Legno di palafitta	4.50	2790±70 "	1110 ÷ 810 "

\* BP= Before Present. Le età sono espresse in anni dal presente, con anno di riferimento il 1950.

\*\* BC= Before Christ.

<sup>(1)</sup> Le età convenzionali (o età <sup>14</sup>C) sono calcolate con il periodo di dimezzamento del <sup>14</sup>C misurato da Libby (1955), (t1/2 = 5568±30 anni). L'errore statistico che accompagna la data è 1 deviazione standard (1s).

<sup>(2)</sup> Le età calibrate o probabili età vere sono state ricavate dalle tabelle riportate in Stuiver & Reimer (1993).

<sup>(3)</sup> Alessio *et al.* (1978); (4) Alessio *et al.* (1975); (5) Alessio *et al.* (1991).

<sup>(4)</sup> Questo campione è stato sottoposto al solo trattamento acido allo scopo di valutare l'effetto di contaminazione ambientale sull'età del reperto (Alessio *et al.*, 1985), come è prassi comune nel caso di serie numerose di campioni simili.

ottenute per i campioni R-1125 e R-1126 (Tab. 1) che risultano comprese fra la fine del XV e la metà del XII secolo a.C. sembrano avvalorare l'ipotesi di alcuni Autori (Brusadin Laplace, 1987) secondo i quali la cultura Villanoviana avrebbe avuto inizio anche prima del XIII secolo a.C.

Nella Tabella 2 sono riportate le datazioni effettuate su pali di legno infissi rinvenuti ad una profondità variabile fra 7,5 e 9,6 m rispetto all'attuale livello del lago di Bolsena. I campioni provengono dalle località Tempietto, Punta Gran Carro, Ragnatoro I e Ragnatoro Sud (Fig. 1 e Tab. 2).

Come si evince dall'osservazione delle età calibrate, i valori risultano mediamente compresi fra il XIV e l'inizio del XVII sec A.D. Non sappiamo se questi pali infissi nel fondale del lago appartenessero a capanne isolate di pescatori o a moli per ancoraggio di barche o servissero a qualche altro scopo; certamente, comunque, si tratta di un livello antropizzato che ritroviamo in tutte le quattro località studiate. Questo risultato indica che in questo intervallo di tempo il livello del lago di Bolsena doveva trovarsi a circa 8 m al di sotto dell'attuale.

Uno studio da noi effettuato sul lago di Mezzano, situato a pochi km da quello di Bolsena (Alessio *et al.*, 1975) su numerosi reperti lignei sommersi (palafitte, frammenti di pali ecc.) ha confermato che intorno ai 3000 anni B.P. anche il livello delle acque di questo lago era di alcuni metri più basso di quello attuale.

E' difficile ricostruire le variazioni di livello delle acque del lago nel periodo di tempo compreso fra l'esistenza del villaggio del Gran Carro (XII-VIII sec. a.C.),

quando il livello era a circa 3,5 m al di sotto dell'attuale, ed il tardo Medioevo in cui invece si trovava a circa 8 m di profondità. Noi possediamo soltanto un valore di età compreso in questo intervallo, che si riferisce al campione R-1984 (Tab. 2), rinvenuto in località Fosso Maltempo (Fig. 1). Il campione, raccolto alla profondità di 6 metri dall'attuale livello del lago, è costituito da una pianta radicata in sedimenti stratificati ed orizzontali ed ha fornito una età di 1495±65 anni B.P. Questo valore, che segna il tempo trascorso dalla morte della pianta, potrebbe indicare che circa 1500 anni fa il livello delle acque del lago si trovava a circa 6 metri da quello attuale. Va comunque tenuto presente che questo campione non possiede lo stesso valore di affidabilità o, se si vuole, di certezza (Alessio *et al.*, 1985), dei pali lavorati ed infissi rinvenuti nelle località sopracitate.

Questa data, tuttavia, trova conferma nelle nostre datazioni effettuate su tronchi radicati sommersi del vicino lago di Martignano (Alessio *et al.*, 1975). I risultati mostrano, infatti, che circa 1500 anni B.P. il livello delle acque di questo lago era di circa 10 m al di sotto dell'attuale.

Per i laghi di Bolsena, Mezzano e Martignano, dunque, i nostri risultati hanno posto in evidenza un andamento sincrono delle variazioni del livello delle acque. Infatti, dal confronto dei dati ottenuti per Bolsena e Mezzano si deduce che, circa 3000 anni fa, il livello delle acque in entrambi i laghi era di alcuni metri al di sotto dell'attuale (3-4 m) e che per Bolsena (Fosso Maltempo) e Martignano, circa 1500 anni fa, tale livello risultava marcatamente più basso dell'attuale (6 e 10 m circa, rispettivamente). La sincronia di queste fluttuazioni ci induce a pensare che,

Tabella 2 - Lago di Bolsena. Siti investigati attualmente sommersi.  
Bolsena Lake. Underwater sites studied.

Sito archeologico	Sigla campione	Reperto investigato	Profondità (m)	Età convenzionale $^{14}\text{C}$ (anni) ( $T_{1/2} = 5568 \pm 30$ anni)	Età calibrate o probabili età vere (95% confidenza= $2\sigma$ )
Tempietto	R-1227 <sup>(1)</sup>	Palo di legno infisso	7.8	360±50 BP	1451 ÷ 1642 AD*
" "	R-1228 <sup>(1)</sup>	" "	7.8	450±50 "	1404 ÷ 1629 "
" "	R-1229 <sup>(1)</sup>	" "	7.8	810±50 "	1058 ÷ 1294 "
" "	R-2001	" "	7.5	450±50 "	1404 ÷ 1629 "
Punta Gran Carro	R-1986	Palo di legno infisso	9.0	520±55 BP	1310 ÷ 1480 AD
" "	R-216-BO	" "	9.6	660±45 "	1185 ÷ 1398 "
Ragnatoro Sud	R-217-BO	Palo di legno infisso	8.0	550±40 BP	1308 ÷ 1441 AD
Ragnatoro I	R-218-BO	" "	9.0	520±40 "	1315 ÷ 1454 "
Fosso Maltempo	R-1984	Piante radicate, rami	6.0	1495±65 "	440 ÷ 660 "

\*AD = Anno Domini.

<sup>(1)</sup>Alessio *et al.* (1991)

probabilmente, sia stata preponderante l'influenza dei fattori climatici, come viene anche segnalato, su scala continentale, da Alayne Street & Grove (1979).

E' interessante osservare, inoltre, che esiste un buon accordo fra i risultati dei nostri studi sui laghi di Bolsena, Mezzano e Martignano e quelli di carattere geologico-geomorfologico di Giraudi (1988) e di interesse storico-archivistico di D'Amato (1980) e Brisse e De Retrou (1883) per il lago del Fucino. Giraudi ha segnalato infatti in questo lago un notevole abbassamento delle acque avutosi circa 3000 anni fa; gli altri Autori, sulla base di notizie storiche, hanno indicato poi che nel XV sec. A.D. esistevano in questo lago numerose zone emerse censite al catasto e messe a coltivazione, zone che nella metà del XVIII sec. A.D. si trovavano già abbondantemente sommerse, e che, sempre le acque del Fucino, fra il 1752 ed il 1816, si sarebbero alzate approssimativamente di ben 12 metri.

Nella Figura 3 sono rappresentati i risultati del presente lavoro relativi alle variazioni del livello delle acque del lago di Bolsena negli ultimi 4000 anni circa. Si tratta di una indicazione molto schematica dal momento che attualmente, anche per la carenza di notizie in epoca storica, è impossibile ricostruire con certezza le oscillazioni del livello delle acque al di fuori dei punti datati con il Radiocarbonio.

### 3. CONCLUSIONI

Dal complesso delle osservazioni sopra indicate possono trarsi le seguenti conclusioni:

1) il villaggio protostorico del Gran Carro, attribuito alla cultura Villanoviana, ed ora situato alla profondità di circa 4 m, è stato probabilmente abitato dall'Uomo per un intervallo di tempo molto ampio (circa 4 secoli);

2) circa 3000 anni fa il livello del lago di Bolsena si

trovava 3+4 m al di sotto dell'attuale e per un periodo di circa 4 secoli è rimasto quasi invariato;

3) intorno ai 1500 anni fa il livello delle acque era ad una quota di circa 6 metri più bassa dell'attuale;

4) nel periodo compreso fra il XIV e l'inizio del XVII sec. A.D. le acque del lago erano scese alla quota di circa -8 m rispetto all'attuale livello;

5) c'è una notevole concordanza fra i risultati del presente studio e quelli da noi ottenuti per i vicini laghi di Martignano e Mezzano e da altri Autori per il lago del Fucino.

### RINGRAZIAMENTI

Gli Autori sono grati al dott. Carlo Giraudi per gli utili suggerimenti e al sig. Giuseppe Castelli per l'aiuto prestato.

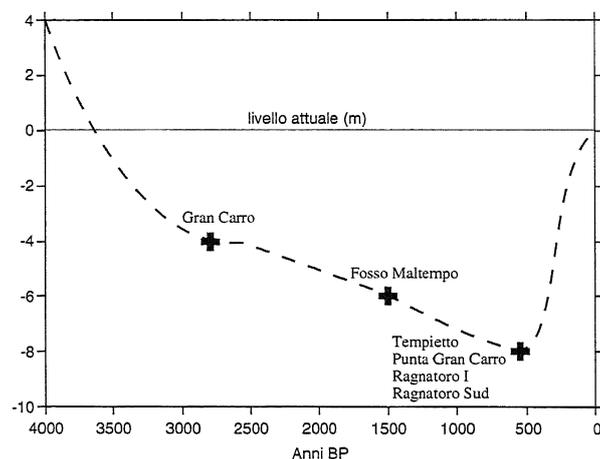


Fig. 3 - Variazioni del livello delle acque del Lago di Bolsena negli ultimi 4000 anni.

*Level fluctuations of the Bolsena Lake during the last 4000 years.*

## LAVORI CITATI

- Alessio M., Bella F., Improta S., Belluomini G., Cortesi C., Turi B., 1970 - *Report on the equipment and activities of Rome University's Carbon-14 Dating Laboratory*. *Quaternaria*, **13**, 357-376.
- Alessio M., Bella F., Improta S., Belluomini G., Calderoni G., Cortesi C., Manelli G.L., Vigilante A., 1975 - *University of Rome Carbon-14 Dates XIII*. *Radiocarbon*, **17(3)**, 313-327.
- Alessio M., Allegri L., Bella F., Improta S., Belluomini G., Calderoni G., Cortesi C., Manfra L., Petrone V., Fruscalzo A., 1978 - *University of Rome Carbon-14 Dates XV*. *Radiocarbon*, **20(1)**, 68-78.
- Alessio M., Allegri L., Improta S., Belluomini G., Cortesi C., Manfra L., Turi B., 1991). - *University of Rome Carbon-14 Dates XVII*. *Radiocarbon*, **33(1)**, 131-140.
- Alessio M., Allegri L., Bella F., Belluomini G., Calderoni G., Cortesi C., Improta S., Manfra L., Petrone V., Turi B., 1985 - *Datazioni con il Carbonio-14: risultati conseguiti, attività recenti, futuri sviluppi*. *Contributi del Centro Linceo Interdisciplinare di Scienze Matematiche e Loro Applicazioni*. Giornata di studio sul tema: *Archeometria*. **69**, 81-134.
- Belluomini G., Delfino A., Manfra L., Petrone V., 1978 - *Benzene synthesis or the radiocarbon dating and study of the catalyst used for acetylene Trimerization*. *Int. J. Appl. Radiat. Isotopes*, **29**, 453-459.
- Belluomini G., Manfra L., Proposito A., 1992 - *Datazione con il carbonio-14 di reperti provenienti dai fondali del lago di Bolsena (Viterbo)*. *Bollettino di Studi e Ricerche*, Biblioteca Comunale di Bolsena, Bolsena.
- Broecker W.S., Tucek C.S., Olson E., 1959 - *Radiocarbon analysis of Oceanic CO<sub>2</sub>*. *Int. J. Appl. Radiat. Isotopes*, **7**, 1-18.
- Brusadin Laplace D., 1984-1987 - *Le necropoli protostoriche del Sasso di Furbara*. *Origini*, **XIII**, 341-408.
- Giraudi C., 1988 - *Evoluzione geologica della Piana del Fucino (Abruzzo) negli ultimi 30,000 anni*. *Il Quaternario*, **1(2)**, 131-159.
- Libby W.F., 1955 - *Radiocarbon dating*. The University of Chicago Press (Chicago, II ed.).
- Street F.A. & Grove A.T., 1979 - *Global maps of Lake-Level fluctuations since 30,000 years BP*. *Quaternary Research*, **12**, 83-118.
- Stuiver M. & Reimer P.J., 1993 - *Extended <sup>14</sup>C data base revised Calib. 3.0 <sup>14</sup>C Age Calibration Program*. *Radiocarbon*, **35(1)**, 215-230.

Manoscritto ricevuto il 30.4.1993

Inviato all'Autore per la revisione il 14.10.1993

Testo definitivo ricevuto il 11.11.1993