

## "Modellizzare" la Realtà: Per una diversa interpretazione del conflitto tra Scienze umanistiche e Scienze naturali sulla cronologia assoluta del TM I A

Tiziano Fantuzzi,  
tiziano.fantuzzi@gmail.com

### *Abstract*

*Since the late 70's, the archaeological-historical interrelated chronology for the Aegean Late Bronze Age has been seriously questioned by the analysis of radiocarbon measurements from Akrotiri and elsewhere in the Aegean. During the last three decades, the debate between "archaeological" and "radiocarbon" chronologies has become one of the most important all of Mediterranean Bronze Age Archaeology, and lead to the publication of an extremely huge amount of bibliography. Recent studies (cfr. Höflmayer 2012) show that uncertainty does in fact affect the arguments for both the "Low" and the "High" Aegean Chronologies, but a thorough analysis of the debate on the absolute chronology for Late Minoan I shows that the so-called "conflict" between "Quantitative" and "Humanistic" Science in establishing an absolute chronology for the Aegean early Late Bronze Age does not exist. What we are faced with is rather a matter of different basic statistical approaches on the one side, and of different interpretation of the archaeological record on the other. Even if the two fields seemed to merge in the last three decades, the present impasse shows how far from a real multidisciplinary approach we are, let alone from quantifying the real relationship between "precision" and "accuracy" applied to high-precision chronological reconstructions and show that the supposed conflict between "natural" and "humanistic" science is rather a conflict between different interpretative models. This study aims to summarize and re-address the ongoing debate on the conflict between "Humanistic" and "Natural" Sciences in the case-study of LM I A chronology with a special focus on the accuracy of the use of Bayesian analysis of radiocarbon results for establishing an absolute chronology.*

I sincronismi attestati a livello archeologico tra la Creta minoica e l'Egitto faraonico sono stati utilizzati dai sostenitori della cosiddetta cronologia "tradizionale" per costruire un'intera cornice cronologica per l'Egeo e il Mediterraneo Orientale, che trova i suoi principali cardini nella distribuzione delle classi ceramiche cipriote PWS e WS I-II, da un lato, e dei campioni di pomice prodotti dall'eruzione di Thera in un momento avanzato del TM I A, dall'altro (cfr. Warren and Hankey 1989; Wiener, 2001; 2006; Bietak and Höflmayer 2007; Wiener 2009; Höflmayer 2012). La correlazione di questi elementi ha portato, per mezzo della cronologia storica egiziana, a collocare la data dell'eruzione minoica in un periodo compreso tra 1530 e 1500 BC, con le relative conseguenze su tutta la cronologia delle prime fasi del Tardo Bronzo dell'area egea. Questo quadro cronologico è stato però rimesso in discussione dai risultati delle datazioni radiocarboniche ottenute a partire dagli anni '70 da alcuni siti chiave del TM I A, Akrotiri *in primis*, che sembrerebbero indicare una retrodatazione del TM I A fino a 120 anni calendariali e situerebbero l'evento eruttivo tra 1645 e 1600 BC (Kemp and Merrillees 1980; Manning 1999; Manning and Bronk-Ramsey 2005; Manning et al. 2006; Friedrich et al. 2006; Manning 2007; 2009).

Nel corso degli anni '90 e della prima parte del decennio attuale, queste ipotesi hanno ottenuto sempre maggiore consenso, trovando (apparentemente) definitiva conferma nei dati forniti da altri tipi di indagine paleoambientale, in particolare (1) l'analisi microchimica delle particelle vulcaniche identificate nelle carote glaciali artiche GRIP, NGRIP e DYE-3 (Zielinsky 1994; Clausen et al. 1997; Manning 1999; Hammer et al. 2003; Zielinsky et al. 2001; Vinther et al. 2005) e (2) l'analisi degli episodi di riduzione/interruzione della crescita annuale nelle sequenze dendrocronologiche di Belfast, Bristlecone, Hohenheim e Anatolica, che presentavano un segnale vulcanico di scala globale corrispondente all'anno 1645BC (Manning 1999;

Manning et al. 2002, 2006; Manning and Bronk-Ramsey 2003).

Riguardo alle carote glaciali, un orizzonte vulcanico di scala globale, identificato in tutte e tre le carote sopra citate e datato a 1645 BC, è stato in un primo momento attribuito all'eruzione del TM I A (Zielinsky et al. 1994; Clausen et al. 1997; Hammer et al. 2003), identificazione poi smentita sulla base di differenze significative nel contenuto relativo di elementi rari (Eu, Ba, Sr) nei livelli glaciali in questione (Keenan 2002; Pearce et al. 2007), e successivamente attribuito all'eruzione di Aniakchak, in Alaska (Pearce et al. 2007). Sebbene al momento non sia stato possibile attribuire l'eruzione di Thera ad un preciso orizzonte, almeno altri dieci possibili orizzonti sono stati riconosciuti nelle medesime carote glaciali per il periodo tra il XIX e il XIV sec. BC, compresi alcuni orizzonti compatibili con la cronologia "Bassa" (Wiener 2006; Fantuzzi 2007; 2009). Questi includono, in particolare, gli episodi corrispondenti al 1570-1569 BC e al 1564 BC in GRIP, e al 1526-24 BC in DYE-3, più alcuni episodi minori nel corso del XIV sec. BC osservabili in GISP2 (Zielinsky 1994; Clausen et al. 1997; Southon, 2004; Vinther et al. 2005), e persino orizzonti compatibili con la cosiddetta cronologia "Ultra-Bassa" (un orizzonte vulcanico datato a 1463 BC in DYE-3). Sarebbe auspicabile che gli studi in questa direzione (attualmente interrotti) venissero ripresi e approfonditi. Per quanto riguarda gli episodi di anomalie nella crescita dendritica nelle sequenze dendrocronologiche, un evento di scala globale datato al 1628 BC è stato identificato inizialmente nella serie del Bristlecone Pine (La Marche and Hirschboek 1984) e successivamente correlato con altri episodi di alterazione della crescita osservabili nella sequenze dendrocronologiche anatoliche, irlandesi e inglesi, e attribuito alle conseguenze climatiche dell'eruzione di Thera (Manning 1999; Manning et al. 2002). Questa attribuzione è stata successivamente ritrattata dagli stessi autori (Manning 2005), e al momento attuale ambedue le metodologie si sono rivelate inaffidabili nell'attribuire con precisione un determinato orizzonte vulcanico all'eruzione di Thera (Keenan 2002; Wiener 2003; 2004; 2006; Manning 2005; Pearce et al. 2007), per una serie di fattori:

- (1) La sequenza dendrocronologica anatolica, essendo "fluttuante" (vale a dire non collegata direttamente a una data storica) presenta un errore di circa 18-22 anni (Manning et al. 2002; Manning 2005);
- (2) La stessa sequenza del Bristlecone Pine presenta altri episodi di anomalie nella crescita dendritica ipoteticamente correlabili all'eruzione minoica, in particolare a 1571-1570 BC e 1525-1524 BC (Wiener 2006), ma non esiste al momento presente una metodologia per identificare, su base microchimica, un determinato evento eruttivo nelle sequenze dendrocronologiche;
- (3) Alcune specie utilizzate per la dendrocronologia (in particolare *Juniper sp.*, e *Olea europaea*) possono non produrre anelli di crescita annuale anche per decenni, in presenza di condizioni di stress climatico (Cherubini et al. 2009; 2014)

Conseguentemente la data assoluta dell'eruzione del TM I A sostenuta dagli aderenti alla cronologia "Alta" è stata spostata a 1630-1600 BC (Manning 2005; Manning et al. 2006; Manning 2009), sulla base dei risultati dell'analisi bayesiana applicata alle datazioni radiometriche per il periodo in questione, in particolare un set di 28 datazioni su campioni *short-lived* provenienti da contesti sigillati dalle ceneri vulcaniche ad Akrotiri (Manning et al. 2006). Sebbene i risultati non calibrati (Fig.1) presentino una variabilità (nella data centrale) che si estende fino 350 anni radiocarbonici (215, se si considerano soltanto le date dell'ORAU), e una

deviazione standard media di  $\pm 50,3$  anni (Fantuzzi 2009), Manning et al. (2006) sono riusciti a ridurre l'incertezza combinando i risultati in sequenze in diversi modelli bayesiani (cfr. Ward and Wilson 1978; Bronk-Ramsey 2009), ottenendo una datazione finale di 3344,9  $\pm 7,5$  BP, corrispondente al periodo 1664-1614 BC (95,4%) (Fig.2).

Questi risultati sono stati supportati dalle datazioni ottenute da un ramo di ulivo rinvenuto sepolto sotto la cenere a circa 50 m. s. m. in una falesia nei pressi di Akrotiri, in cui gli autori hanno potuto riconoscere settantadue anelli annuali (Friedrich et al. 2006). Le misurazioni effettuate sul campione proveniente dall'anello più esterno ha fornito un risultato di 3331 $\pm 10$  BP corrispondente al periodo 1661-1561 BC (95,4%) se calibrato singolarmente. Inserendo come informazione esterna la relazione sequenziale nota tra le quattro datazioni ottenute in un modello bayesiano, Friedrich et al. (2006) sono riusciti a loro volta a restringere la variabilità, ottenendo un risultato finale di 1627-1600 BC (95,4%). Tuttavia, nonostante la robustezza dei modelli statistici impiegati sia apparentemente confermata dai risultati comparabili ottenuti utilizzando approcci diversi (in particolare R\_Combine, Phase Boundaries e Tau Boundaries) (Figure 2-4), questa ricostruzione cronologica è stata messa a sua volta in discussione (Keenan 2002; Wiener 2003; 2006; 2009; Keenan 2012). Tutti gli algoritmi utilizzati per calibrare le singole datazioni e per combinare date diverse allo scopo di ridurre la variabilità dei risultati – compresi gli algoritmi utilizzati per costruire la stessa curva di calibrazione (Reimer et al. 2013) – dipendono (per l'accuratezza) dall'affidabilità tanto dei campioni datati, quanto degli assunti esterni impiegati per definire la relazione tra i campioni stessi, e per definirne la rappresentatività. I risultati possono pertanto essere seriamente alterati da una lunga serie di fattori il cui impatto non è sempre verificabile, in particolare:

- (1) La variabilità stagionale nell'assorbimento del  $^{14}\text{C}$  da parte delle piante a seconda della stagione di crescita (con un picco negativo in inverno e positivo in estate) e a seconda delle condizioni microclimatiche locali, che generalmente si situa tra gli 8 e i 32 anni radiocarbonici;
- (2) La variabilità locale nei contenuti atmosferici di  $^{14}\text{C}$  non riconoscibili nella curva di calibrazione (che è di fatto una banda di probabilità approssimata per l'intero emisfero settentrionale);
- (3) Variazioni inter-annuali nel contenuto atmosferico di  $^{14}\text{C}$  non riconoscibili nella curva di calibrazione a causa dell'impiego di misurazioni decennali/quinquennali;
- (4) Differenze minori tra i diversi laboratori AMS che hanno realizzato i dataset per la curva di calibrazione (generalmente tra 8 e 11 anni radiocarbonici);
- (5) Effetti di riserva nei campioni dovuti all'assorbimento di carbonio “antico” (deprivato di  $^{14}\text{C}$ ) che possono derivare da una lunga serie di processi geofisici tra cui eventi di *upwelling and degassing* di acque marine di profondità, *Freshwater Effect* dovuti a scorrimento delle acque attraverso rocce calcaree e, soprattutto nel caso di Akrotiri, sorgenti di  $\text{CO}_2$  vulcanica.
- (6) Assunti di base non verificabili (e soggettivi) impiegati nei modelli statistici per combinare le diverse misurazioni e ridurre l'incertezza, che obbligano implicitamente a scegliere tra un'incertezza di tipo qualitativo e una di tipo quantitativo. Gli attuali algoritmi di analisi bayesiana delle datazioni radiocarboniche derivano da test originariamente sviluppati per combinare diverse misurazioni da uno stesso campione, o perlomeno da campioni provenienti dalla stessa unità stratigrafica e

assimilabili a un unico campione suddiviso (Ward and Wilson 1978). Di conseguenza, l'uso di questo tipo di algoritmi è appropriato nel controllo della coerenza dei modelli cronologici (per evidenziare problemi stratigrafici, eventuale contaminazione dei reperti, etc.) ma non può essere utilizzato per datare un sito nei termini più stretti della cronologia assoluta propriamente detta.

Tutti questi elementi dimostrano come il margine di errore di  $\pm 15$  anni a 2sigma riportato dai sostenitori della cronologia egea “alta” (Manning et al. 2006; Friedrich et al. 2006; 2009) sia con ogni probabilità inaffidabile. Recenti tentativi di combinare le date sotto assunti diversi per cercare di tenere in conto una maggiore incertezza (Höflmayer 2012) si basano comunque su assunti di base afferenti all'applicabilità degli algoritmi sviluppati per applicare il test di Ward and Wilson (1978) a datazioni provenienti da contesti diversi. Questo implica l'introduzione di assunti a priori sulla relazione tra le date, tali da renderle assimilabili a misurazioni ripetute sul medesimo campione (ad esempio: pertinenza a una singola fase stratigraficamente “sicura” e non meglio suddivisibile nell'uso di Phase Boundaries, o, nel caso del R\_Combine, pertinenza di tutti i campioni ad un singolo momento). La differenza effettiva tra i risultati non calibrati nel dataset da Akrotiri sembra in sé sufficiente a smentire questo assunto di base: 1) i risultati non calibrati si distribuiscono in un intervallo di più di 200 anni radiocarbonici; 2) una volta calibrate individualmente, almeno 16 datazioni, su un totale di 28, sono interamente compatibili con la cronologia “tradizionale” a 1sigma; il numero sale a 24 qualora si considerino gli intervalli a 2sigma (95,4%) (Fantuzzi 2009). Recenti affermazioni (come in Friedrich et al. 2014), secondo cui non esisterebbero datazioni radiocarboniche che consentano la cronologia “tradizionale” sono pertanto del tutto insostenibili. La massima precisione realisticamente disponibile al momento per una datazione radiocarbonica AMS si aggira intorno ai  $\pm 20/30$  anni radiocarbonici (Bronk-Ramsey 2009) e gli assunti esterni impiegati per ridurre l'incertezza combinando diverse misurazioni da diversi contesti si basano necessariamente su parametri soggettivi e non sempre verificabili. Nel caso specifico dell'eruzione di Thera, la forma della curva di calibrazione per il periodo in questione (grosso modo  $3330 \pm 70$  BP) implica che:

- 1) Ogni datazione tra  $3330 \pm 30$  e  $3270 \pm 30$  BP sia individualmente compatibile sia con una cronologia “alta” che con una cronologia “bassa”;
- 2) Ogni datazione sopra  $3340 \pm 30$  BP sia compatibile soltanto con una cronologia “alta”;
- 3) In un modello che combina i relativi intervalli di probabilità di diverse date sulla base della curva di calibrazione, le datazioni che presentano un intervallo di incertezza più ristretto, ma compatibile con uno dei diversi “picchi” delle date che presentano intervalli più ampi, tenderanno a essere sovrarappresentate, “spostando” il risultato finale verso le prime (Figure 5-7), soprattutto quando si applichi la funzione R\_Combine, che implica *a priori* la sicura contemporaneità dei campioni datati (Fig.5);

Dato che i diversi tipi di analisi bayesiana disponibili in OxCal tengono conto principalmente della quantità delle date nell'input e della probabilità relativa (misurata per intervalli di 5 anni) delle diverse date ma non della loro relativa consistenza, la loro applicazione nel definire un intervallo di tempo ristretto in termini di cronologia assoluta in un'analisi come quella in esame è da ritenersi erronea, non essendoci realmente modo

di verificare se i risultati siano o meno fuorvianti (data la forma della curva di calibrazione, una data nota di 1530 BC da un contesto contenente anche campioni più vecchi e/o alterati da effetti di riserva non sarebbe riconoscibile con gli algoritmi attualmente disponibili in OxCal) (Fig. 5-7).

In ultima analisi, una disamina approfondita dei diversi argomenti relativi al dibattito sulla cronologia assoluta per il Tardo Minoico I A-I B dimostra come il cosiddetto conflitto tra scienze “umanistiche” e scienze “naturali” non esista in questi termini. L'attuale *impasse* nella cronologia egea e vicino-orientale per la transizione tra Medio e Tardo Bronzo deriva di fatto dal conflitto tra diversi approcci statistici di base da una parte, e diverse interpretazioni delle interrelazioni a livello archeologico dall'altra. Sebbene le diverse discipline si siano apparentemente interrelazionate in un approccio multidisciplinare nel corso degli ultimi trent'anni, l'attuale conflitto dimostra quanto siamo lontani da una reale comprensione “globale” delle diverse variabili implicate nell'elaborazione di modelli fini della ricostruzione del passato, nonché come l'accuratezza dell'uso di modelli basati sulla distribuzione non uniforme dei dati nella definizione di intervalli cronologici ristretti sia dipendente dalle informazioni archeologiche tanto quanto dalla forma della curva di calibrazione per il periodo specifico in questione. Utilizzare funzioni come quella elaborata da R\_Combine (Fig. 2, Fig. 5) per “aggirare” i problemi connessi alla variabilità dei dataset nel determinare una cronologia, al di là del ragionevole margine di incertezza delle date stesse, costituisce un ragionamento circolare, e quindi rappresenta (a mio avviso) un grave errore metodologico.

#### Bibliografia

Bietak, M.W.

2013 Antagonisms in Historical and Radiocarbon Chronology. In Shortland, A.J, Bronk-Ramsey C. (eds.), *Radiocarbon and the chronologies of ancient Egypt*, 76-109. Oxford.

Bietak, M.W., Hein, I.

2001 The context of White Slip Wares in the Stratigraphy of Tell el Dab'a and some conclusions on Aegean Chronology. In Karageorghis, V. (ed.), *The White Slip Ware of Late Bronze Age Cyprus, Proceedings of an International Conference Organized by the Anastasios G. Leventis foundation in Honour of Malcolm Wiener, Nicosia 29-30 Oct, 1998*. Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Bietak, M.W., Höflmayer, F.

2007 Introduction: High and Low Chronology. In Bietak, M.W., Czerny, E. (eds.), *The Synchronisation of Civilisations in the II millennium BC*, III: 13-24. Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Bronk-Ramsey, C.

2009 Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon* 51(1):337-360.

Bronk-Ramsey, C., Manning, S.W., Galimberti, M.

2004 Dating the Volcanic Eruption at Thera. *Radiocarbon*, 46 (1): 325-344.

Cherubini, P., Humbel, T., Beeckman, H., Gärtner, H., Mannes, D., Pearson, C., Schoch, W., Tognetti, R. and Lev-Yadun, S.

2014 The olive-branch dating of the Santorini eruption. *Antiquity*, 88, vol. 339: 267-273.

Clausen, B.H., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Dhal-Jensen, D., Steffensen, J.P.

1997 A Comparison of the Volcanic Records over the past 4000 years from the Greenland Ice Core Project and DYE-3 Greenland Ice Cores. *Journal of Geophysical Research*, 102: 707-723.

- Fantuzzi, T.  
2007 The Debate on Aegean High and Low Chronologies: an Overview through Egypt, *Rivista di Archeologia*, XXXI: 53-65. Bretschneider, Padova-Venezia.
- Fantuzzi, T.  
2009 The Absolute Chronology of the Egyptian S.I.P.- New Kingdom transition and its Implications for Late Minoan Crete. *Creta Antica*, X (II): 477-500. Catania-Padova.
- Friedrich, W.L., Kromer, B., Friedrich, M., Heneimer, J., Pfeiffer, T., Talamo, S.  
2006 Santorini Eruption Radiocarbon Dated to 1627-1600 B.C. *Science*, 312: 548.
- Friedrich, W.L., Kromer, B., Friedrich, M., Heneimer, J., Pfeiffer, T., Talamo, S.  
2014 The olive branch chronology stands irrespective of tree-ring counting. *Antiquity*, 88 (339): 274-277.
- Hammer, C.U., Kurat, G., Hoppe, P., Grum, W., Clausen H.B.  
2003 Thera Eruption Date 1645 BC Confirmed by New Ice Core Data? In Bietak, M.W. (ed.), *The Synchronisation of Civilisations in the II millennium BC*, II: 87-94. Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Höflmayer, F.  
2012 The Date of the Minoan Santorini Eruption: Quantifying the 'Offset'. *Radiocarbon* 54(3-4): 435-448.
- Keenan, D.J.  
2002 Volcanic ash retrieved from the GRIP ice core is not from Thera. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4 (11), 1097.
- Keenan, D.J.  
2012 Calibration of a radiocarbon age. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 19: 345-350.
- Kemp, B., Merrillees, R.  
1980 *Minoan Pottery in Second Millennium Egypt*. Mainz am Rhein.
- La Marche, V.C., Hirschboek, K.K.  
1984 Frost Rings in Trees as Record of Major Volcanic Eruptions. *Nature*, 307: 121-126.
- Manning, S.W.  
1999 *A Test of Time*. Oxford.
- Manning, S.W.  
2005 Simulation and the Thera Eruption: Outlining What We Do and Do Not Know from Radiocarbon. In Dakouri-Hild, A., Sherratt, S. (eds), *Autochthon: Papers presented to O.T.P.K. Dickinson on the Occasion of His Retirement*. Oxford, B.A.R., 1432: 97-114.
- Manning, S.W.  
2007 Clarifying the High versus Low Aegean/Cypriot Chronology for the Mid Second millennium BC: Assessing the Evidence, Interpretive Frameworks and Current State of the Debate. In Bietak, M.W., Czerny, E. (eds.), *The Synchronisation of Civilisations in the II millennium BC*, III: 101-138. Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Manning, S.W.  
2009 Beyond the Santorini eruption: some notes on dating the Late Minoan IB period on Crete, and implications for Cretan-Egyptian relations in the 15th century BC (and especially LMII). In Warburton, D.A. (ed.), *Time's Up! Dating the Minoan eruption of Santorini. Acts of the Minoan Eruption Chronology Workshop, Sandbjerg November 2007 initiated by Jan Heinemeier & Walter L. Friedrich*, 207-226. Athens: The Danish Institute at Athens.
- Manning, S.W., Barbetti, M., Kromer, B., Kuniholm, P.I., Levin, I., Newton, M.W., Reimer, P.J.

2002 No systematic early bias to Mediterranean 14C ages: radiocarbon measurements from tree ring and air samples provide tight limits to age offsets. *Radiocarbon*, 44: 739-754.

Manning, S.W., Bronk-Ramsey, C.

2003 A Late Minoan I-II Absolute Chronology for the Aegean – Combining Archaeological with Radiocarbon. In Bietak, M.W. (ed.), *The Synchronisation of Civilisations in the II millennium BC*, II: 111-134. Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Manning, S.W., Bronk-Ramsey, C., Kutschera, W., Higham, T., Kromer, B., Steier, P., Wild, E.M.

2006 Chronology for the Aegean Late Bronze Age 1700-1400 B.C. *Science*, 312: 565-569.

Pearce, N.J.C., Westgate, J.A., Preece, S.J., Eastwood, W.J., Perkins, W.T., Hart, J.S.

2007 Reinterpretation of Greenland Ice-core Data Recognises the presence of the Late Holocene Aniakchak Tephra, not the Minoan Tephra (Santorini) at 1645BC. In Bietak, M.W., Czerny, E. (eds.), *The Synchronisation of Civilisations in the II millennium BC*, III: 139-148. Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Warren Beck, J., Blackwell, P.J., Bronk-Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Lawrence Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Felix-Kaiser, K., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Marian Scott, E., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., Van der Plicht, J.

2013 Intcal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years Cal BP. *Radiocarbon*, 55 (4): 1869-1887.

Vinther, B.M., Clausen, H.B., Johnsen, S.J., Rasmussen, S.O., Andersen, K.K., Burchardt, S.L., Dahl-Jensen, D., Selerstad, I.K., Siggaard-Andersen, M.L., Steffensen, J.P., Svensson, A.

2005 A Synchronized dating of three Greenland Ice Cores throughout the Holocene. *Journal of Geophysical Research*, 111 (D13). <http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/publications/papers/pdfs/219.pdf>

Ward, G.K., Wilson, S.R.

1978 Procedures for comparing and combining radiocarbon age determinations: a critique. *Archaeometry*, 20 (I), 19-31.

Warren, P.M., Hankey, V.

1989 *Aegean Bronze Age Chronology*. Bristol Classical Press.

Wiener, M.H.

2001 The White Slip I of Tell el Dab'a and Thera. Critical Challenge for the Aegean Long Chronology. In Karageorghis (ed.), *The White Slip Ware of Late Bronze Age Cyprus*, 195-244. Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Wiener, M.H.

2003 Time Out: The Current Impasse in Bronze Age Archaeological Dating. In Foster, K.P., Laffineur, R. (eds.), *Metron. Measuring the Aegean Bronze Age. Proceedings of the 9th International Aegean Conference: New Haven, Yale University, 18-21 April 2002.*(*Aegaeum* 24): 363-399.

Wiener, M.H.

2006 Chronology Going Forward (With a Query About 1525/4 BC). In Czerny, E., Hein, I., Hunger, H., Melman, D., Schwab, A. (eds.), *Timelines. Studies in Honour of Manfred Bietak*, II: 317-328. Peeters, Leuven-Paris-Dudley.

Wiener, M.H.

2009 The State of the Debate about the Date of the Thera Eruption. In Warburton, D.A. (ed.), *Time's Up: Dating the Minoan Eruption of Santorini, Acts of the Minoan Eruption Chronology Workshop, (Sandbjerg, November 2007)*: 197-206.

Zielinsky, G.A., Mayevski, P.A., Meeker, L.D., Whitlow, W.S., Twickler, M.S., Morrison, M., Meese, D.A., Gow, A.J., Alley, L.B.  
1994 Record of Volcanism since 7000 BC from the GISP2 Greenland Ice Core and Implications for the Volcano – Climate system. *Science*, 264: 948-952.

LISTA FIGURE (e didascalie)

Fig. 1 Multiplot delle datazioni radiocarboniche di Akrotiri VDL (Volcanic Destruction Level) non combinate. I risultati non calibrati sono espressi nella colonna di sinistra (es. 3140,70 è da leggersi 3140±70 BP, a  $1\sigma$ ).

Fig.2 R\_Combine delle datazioni di Akrotiri VDL secondo Manning et al. 2006.

Fig. 3 Phase\_Boundaries delle datazioni di Akrotiri VDL (le curve in grigio chiaro rappresentano i risultati non combinati, le curve in grigio scuro i risultati dell'analisi bayesiana).

Fig. 4 Tau\_Boundaries delle datazioni di Akrotiri VDL (le curve in grigio chiaro rappresentano i risultati non combinati, le curve in grigio scuro i risultati dell'analisi bayesiana).

Fig. 5 R\_Combine di un modello simulato con 4 campioni di età nota (1530, 1600, 1627 e 1660 BC) suddivisi in dieci misurazioni ciascuno (i cui risultati sono coerenti e con incertezza +30 (1sigma). In un modello in cui sia il campione più recente a datare l'ultimo episodio di frequentazione (come è probabile in un contesto “sigillato” come Akrotiri), applicando il modello la data nota 1530 BC non rientra né nell'intervallo a 1sigma (68,2%) né a 2sigma (95,4%).

Fig. 6 Phase\_Boundaries dello stesso modello simulato di cui in fig.5: L'algoritmo implicato questa volta non richiede l'assunto che le date siano strettamente contemporanee, ma le distribuisce lungo una fase di durata variabile (un modello generalmente molto più vicino alla realtà di un livello archeologico). Nonostante gli assunti diversi, la data nota 1530 BC non rientra nella variabilità a 1sigma (68,2%) e soltanto in modo estremamente marginale nella variabilità a 2sigma (95,4%). (Le curve in grigio chiaro rappresentano i risultati non combinati, le curve in grigio scuro i risultati dell'analisi bayesiana).

Fig.7 Tau\_Boundaries dello stesso modello simulato di cui in fig.5. L'algoritmo impiegato assume che le date si concentrino intorno all'evento finale, consentendo però la presenza di date più antiche (per qualsiasi ragione) nel modello. A causa della forma della curva di calibrazione per il periodo in questione, ancora una volta la data nota 1530 BC non rientra tra gli intervalli di possibilità, nemmeno a 2sigma (95,4%).



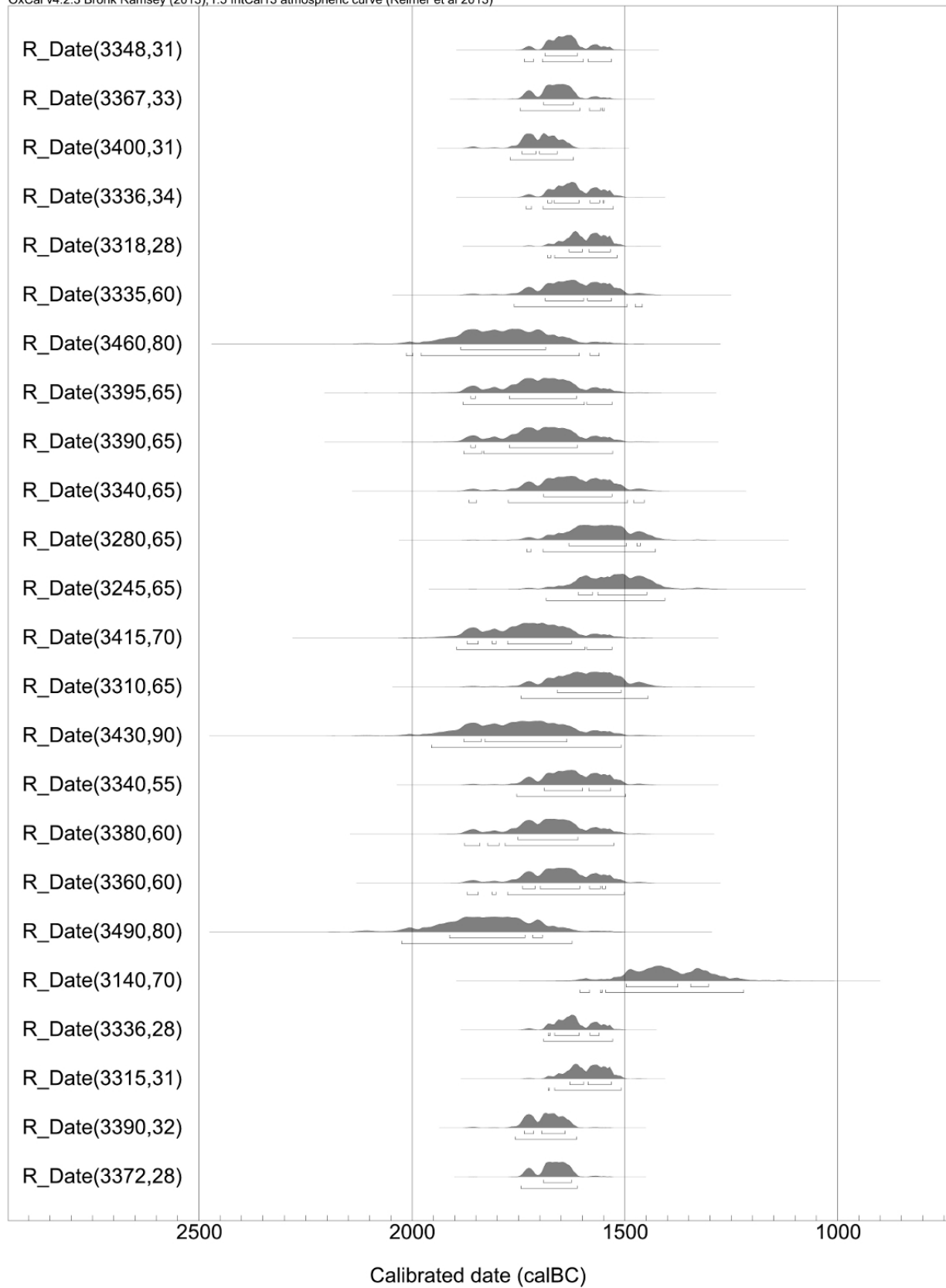


Fig.1

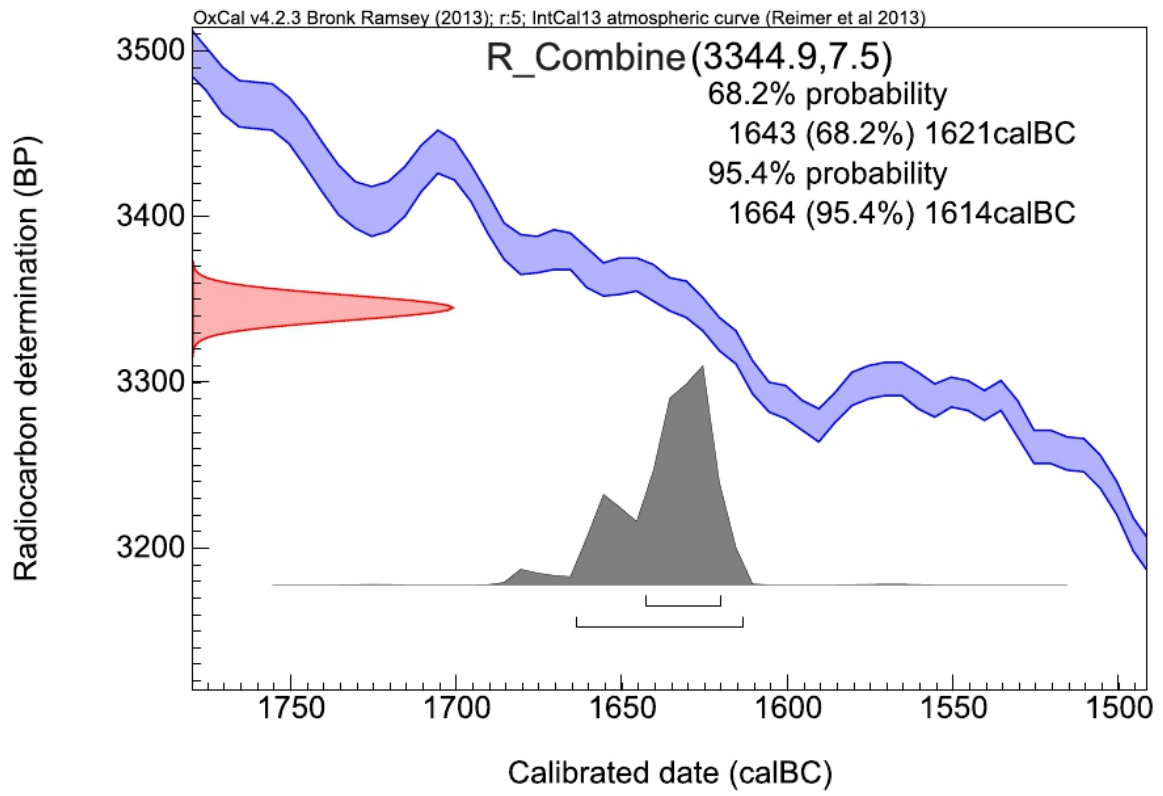


Fig.2

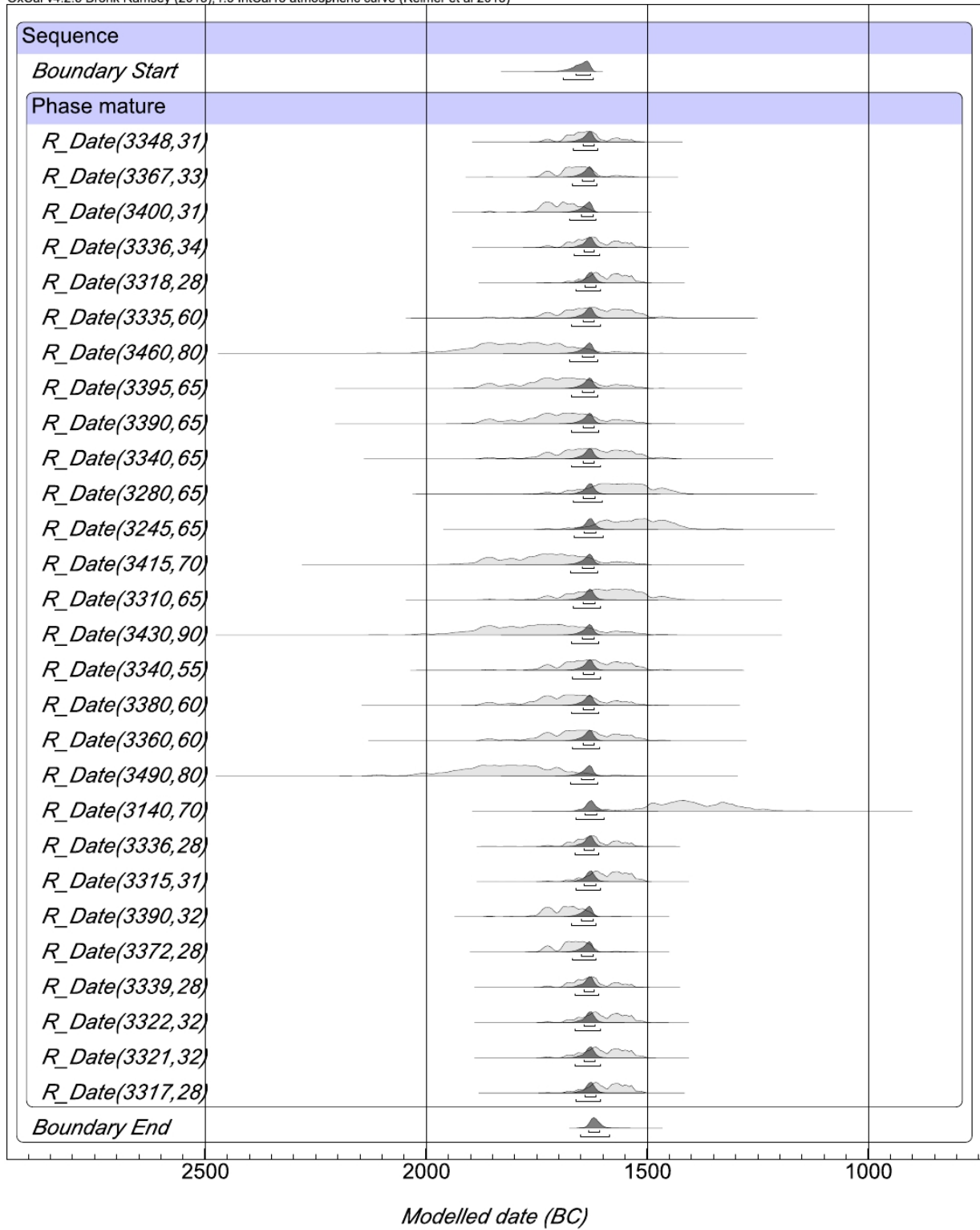


Fig. 3

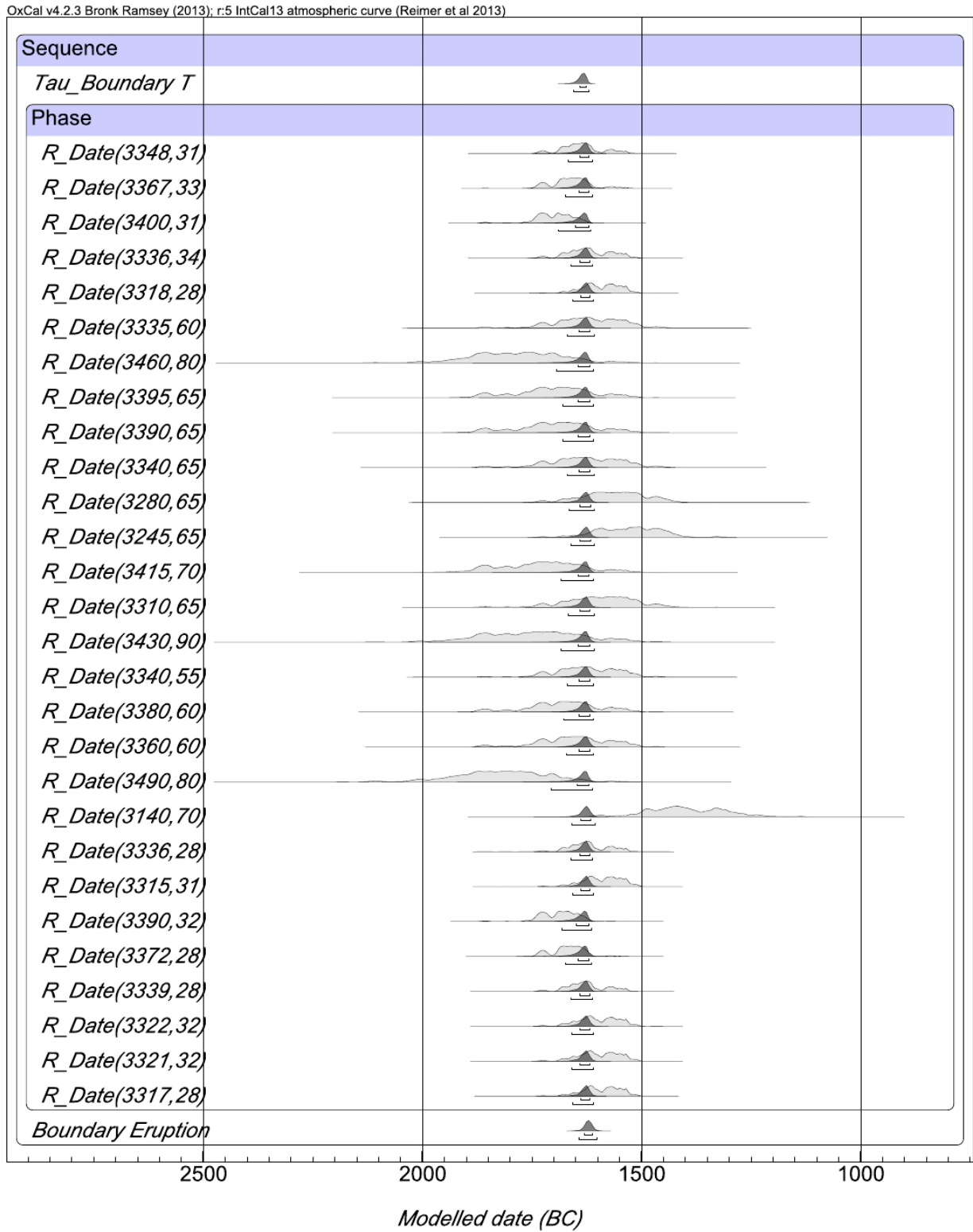


Fig.4

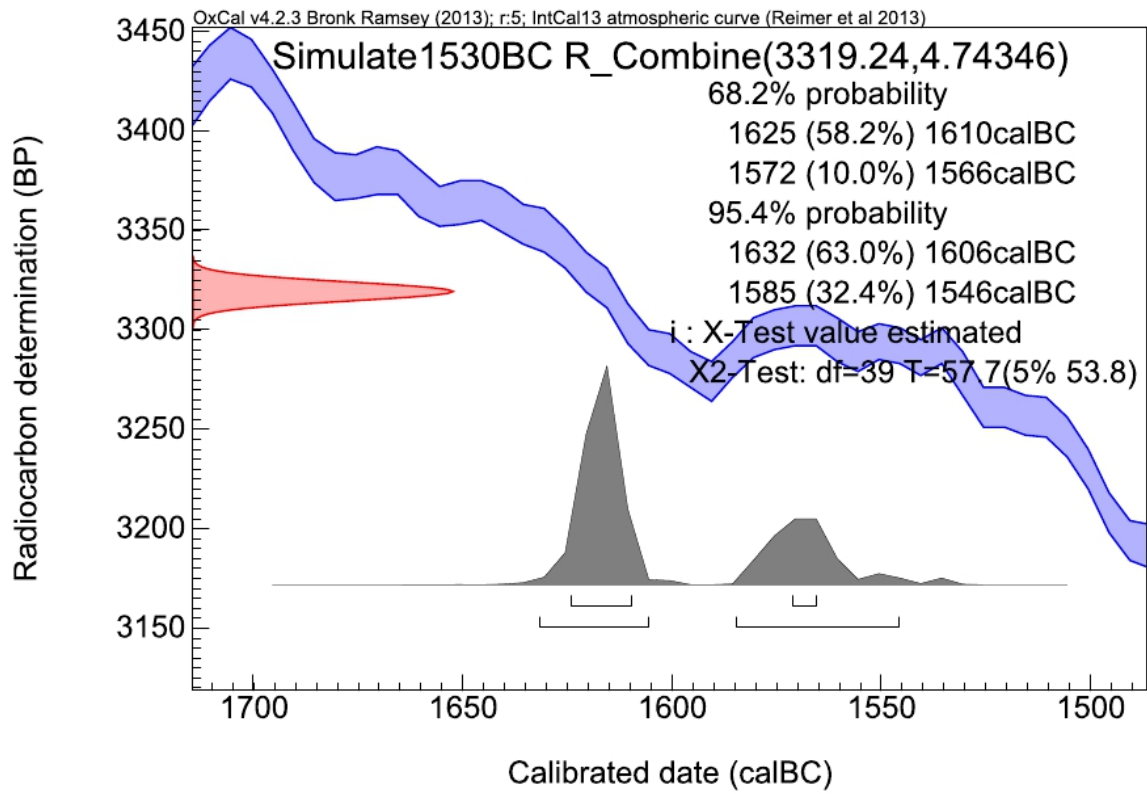


Fig.5

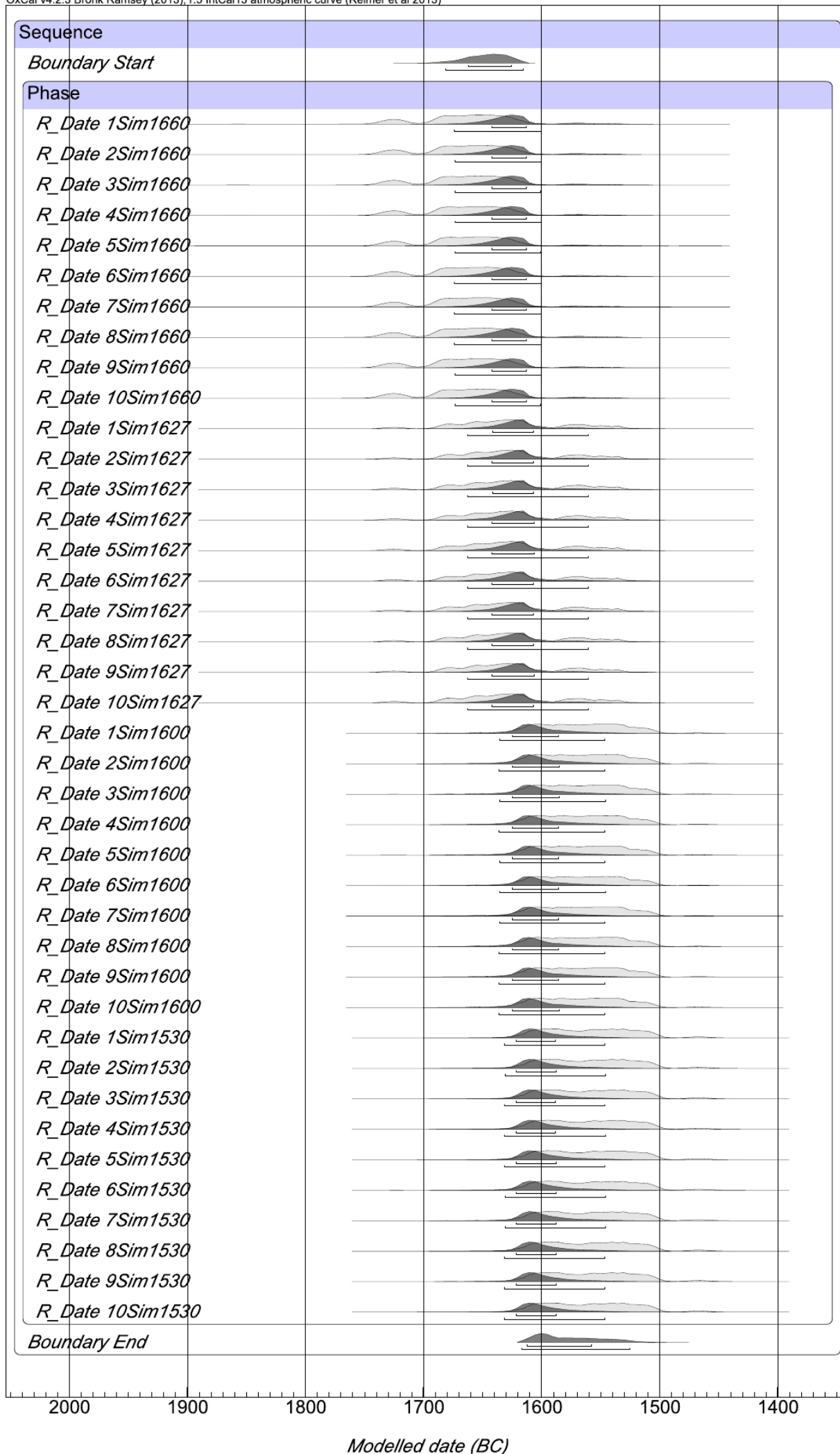


Fig.6 (pagina precedente)

Fig. 7 (pagina successiva)

