

ALLA RICERCA DI CAMERE NASCOSTE ADIACENTI ALLA TOMBA DI TUTANKHAMON

L. Sambuelli², C. Comina³, G. Catanzariti⁴, F. Barsuglia⁵, G. Morelli⁵, F. Porcelli¹

¹ DISAT, Politecnico di Torino, Italy

² DIATI, Politecnico di Torino, Italy

³ DST, Università di Torino, Italy

⁴ 3DGeoimaging, Torino, Italy

⁵ Geostudi Astier s.r.l., Livorno, Italy

Introduzione. La tomba di Tutankhamon è la più famosa di tutte le tombe reali all'interno della Valle dei Re a Luxor. La tomba (KV62 nella designazione egittologica standard) è stata scoperta, con un tesoro funerario quasi intatto, da Howard Carter nel 1922 (Carter and Mace, 1923). La KV62 è stata scavata all'interno del substrato roccioso, appartenente al membro inferiore della formazione calcarea di Tebe (Aubry *et al.*, 2009; Dupuis *et al.*, 2011), ed è stata allestita in un intervallo di tempo relativamente breve a causa dell'improvvisa morte del giovane faraone. Essa risulta quindi molto più piccola delle normali tombe reali all'interno Valle dei Re. Le sue ridotte dimensioni, la sua tarda scoperta ed il periodo in cui è stata allestita hanno affascinato gli archeologi e il pubblico generale fin dalla sua scoperta.

Nel 2015, l'egittologo Nicholas Reeves ha proposto una teoria (Reeves, 2015) secondo la quale la KV62 potrebbe essere parte di una tomba più grande, appartenente alla regina Nefertiti. Secondo questa teoria l'accesso alla camera funeraria di Nefertiti dovrebbe avvenire tramite due porte nascoste situate dietro le pareti nord e ovest della camera funeraria di Tutankhamon. Queste porte potrebbero essere state sigillate con pietre e successivamente ricoperte di intonaco in preparazione della camera funeraria di Tutankhamon. Il georadar sembrerebbe il metodo più efficace per stabilire la presenza o meno di queste camere nascoste, dato l'atteso contrasto

fisico tra la roccia in cui è scavata la tomba e le presunte porte sigillate, insieme alla marcata discontinuità laterale che dovrebbe essere presente agli stipiti di queste porte, così come l'eventuale presenza di un architrave in legno sopra le porte.

Il Ministero delle Antichità egiziano ha infatti commissionato una prima indagine georadar, effettuata da H. Watanabe nel novembre 2015 (Watanabe, 2015), i cui risultati sembravano confermare l'ipotesi di Reeves. Una seconda indagine, condotta da un team del National Geographic nel marzo 2016 (National Geographic Society, 2016), non ha però confermato le risultanze della prima indagine. Per dirimere la questione una terza indagine georadar è stata affidata, a seguito della sottomissione di un progetto al Ministero delle Antichità egiziano, al nostro team. Queste ultime indagini sono state condotte nel febbraio 2018 e le modalità di indagine ed i principali risultati ottenuti sono sintetizzati in questa nota.

Acquisizione e Processing. Diversi sistemi di acquisizione e diverse bande di frequenza sono stati adottati per l'acquisizione dati. In particolare sono state adottate tre diverse bande di frequenza: bassa frequenza con antenna IDS RIS TR200, frequenza intermedia con un sistema IDS Stream-C multicanale a doppia polarizzazione e alta frequenza con antenna IDS Aladdin da 2 GHz a doppia polarizzazione. Le indagini sono state eseguite sia lungo direzioni verticali (per la bassa e intermedia frequenza) che orizzontali (per l'alta frequenza), con spaziatura dei profili molto ravvicinata al fine di ottenere un campionamento spaziale molto denso. A causa della necessità di scansionare le pareti senza danneggiare i dipinti che le ricoprono è stato necessario



Fig. 1 - Acquisizione dati all'interno della KV62 (vista in pianta in d): a) bassa frequenza con antenna IDS RIS TR200 b) frequenza intermedia con un sistema IDS Stream-C multicanale a doppia polarizzazione e c) alta frequenza con antenna IDS Aladdin da 2 GHz a doppia polarizzazione. I profili di a) e di b) sono stati condotti verticalmente, i profili di c) orizzontalmente.

progettare degli appositi sistemi di movimentazione delle antenne (Fig. 1). Un totale di più di 2.5 chilometri di profili sono stati acquisiti all'interno della camera funeraria con questi sistemi.

I dati acquisiti con i diversi sistemi e nelle diverse bande di frequenza sono stati in gran parte elaborati in modo indipendente e con software diversi, al fine di evitare influenze incrociate nell'interpretazione dei risultati. In particolare per il processing dei dati a bassa e media frequenza si è utilizzato il software GPR-Slice (Goodman *et al.*, 2004), mentre per il processing dei dati ad alta frequenza si è impiegato il software Reflexw 8.55 (Sandmeier, 2018). Le principali fasi del processing hanno incluso: dewow o wobble noise correction, per attenuare componenti a frequenza molto bassa; move start time, per correggere il gap tra l'antenna e la superficie della parete e il ritardo del sistema; divergence compensation o gain

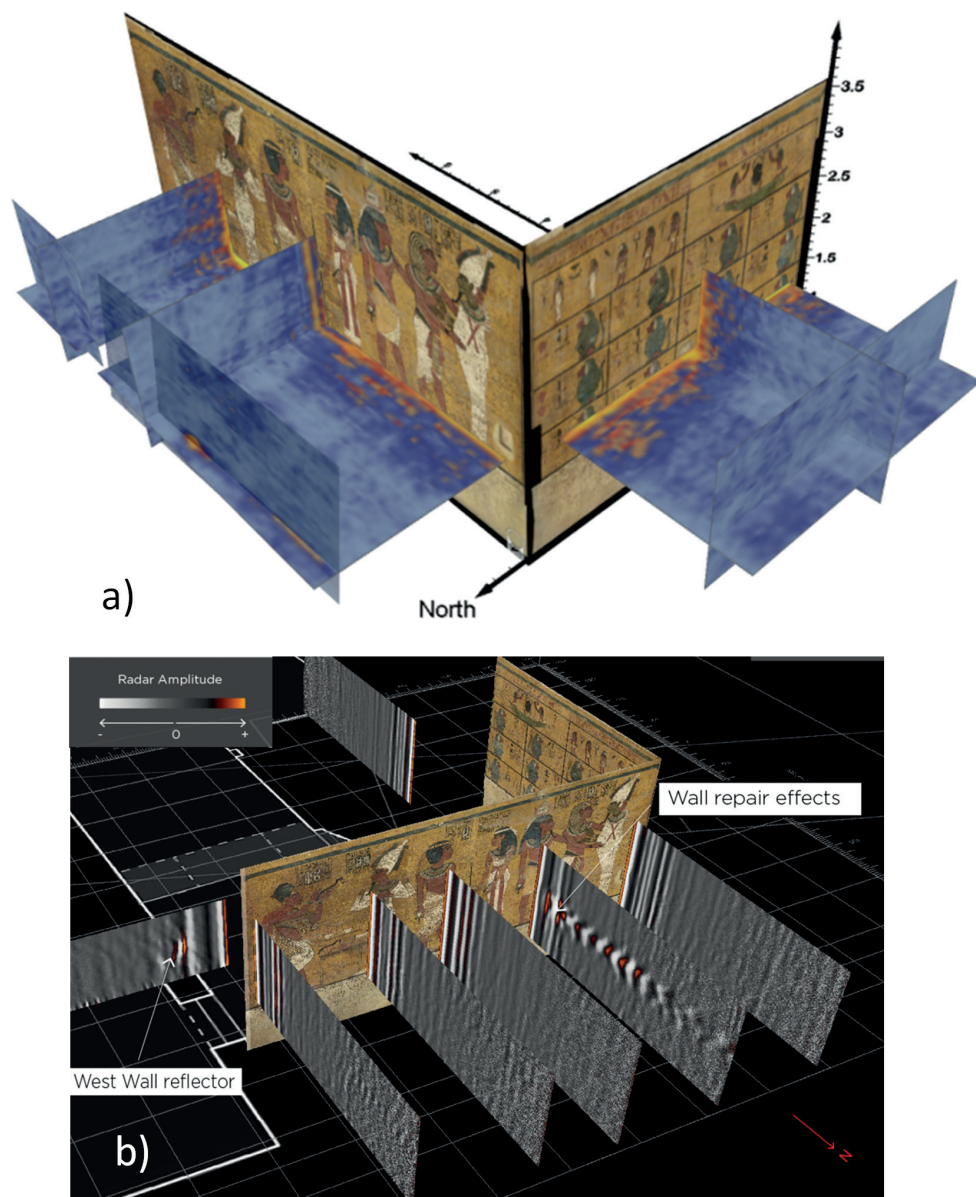


Fig. 2 - Esempio di risultati ottenuti: a) alta frequenza e b) frequenza intermedia.

function, per recuperare la dispersione geometrica del fronte d'onda; filtri passa-banda, per attenuare il rumore a bassa e alta frequenza nelle tracce, le frequenze di cut-off sono state selezionate dopo l'analisi spettrale effettuata su radargrammi campione dei diversi sistemi; filtri f-k, per rimuovere specifiche componenti spaziali di frequenza. Solo dopo aver raggiunto una soddisfacente fase di elaborazione del dato i risultati sono stati interpretati congiuntamente e rappresentati in 3D con opportuni strumenti di interpolazione al fine di ottenere un risultato coerente per tutte le indagini.

Risultati e discussioni. I risultati ottenuti con i diversi sistemi radar impiegati e nelle diverse modalità di acquisizione adottate appaiono nel complesso concordi. Alcuni esempi di risultati sono riportati in Fig. 2. L'analisi del notevole volume di dati acquisiti all'interno della KV62 ci ha permesso di concludere con un alto grado di affidabilità che non sembrano esserci evidenze di aperture tamponate dietro le pareti nord e ovest della camera funeraria di Tutankhamon. I dati radar non hanno dato infatti risultanze significative a parte particolari riflessioni radar legate ad anomalie note presenti nella tomba (Fig. 2b). La particolare risposta radar della formazione rocciosa in cui la KV62 è scavata, e degli intonaci soprastanti, è stata secondo il nostro parere la causa dei risultati contrastanti delle precedenti indagini condotte all'interno della KV62. Ciò ha inoltre suscitato interessanti quesiti scientifici che saranno oggetto di futuri studi.

Ringraziamenti. Vorremmo ringraziare il Dr. Khaled El-Anany, Ministro delle Antichità egiziano, per aver creduto nel potenziale della ricerca geofisica applicata all'archeologia e per aver promosso la terza scansione radar nella KV62. Siamo profondamente grati alla Dott.ssa G. Capriotti Vittozzi del Centro Archeologico Italiano al Cairo, per il suo continuo supporto e le preziose discussioni sul progetto. Vorremmo anche ringraziare il Dr. Dean Goodman per il supporto del software GPR-SLICE, Dott. Mamdouh El-Damaty, Dott. Nicholas Reeves, Dott. Glen Dash e Dott. Fred Hiebert per utili e motivanti discussioni.

Questo lavoro è stato supportato dalla National Geographic Society (NGS Explorer Grant SP 37-16 e Nefertiti Program X10380) e dalla Fondazione Novara Sviluppo; Geostudi Astier s.r.l. e 3DGeoimaging hanno anche partecipato in modo significativo alle spese di ricerca.

Bibliografia

- Aubry M. P., Berggren W. A., Dupuis C., Ghaly H., Ward D., King C., Knox R. W. O'B., Ouda K., Youssef M. and Galal W. F. (2009) Pharaonic necrostratigraphy: a review of geological and archaeological studies in the Theban Necropolis, Luxor, West Bank, Egypt. *Terra Nova*, 21, 237–256.
- Carter H. and Mace A. C. (1923). *The Tomb of Tut*Ankh*amen*. London: Cassell and Company Ltd.
- Daniels, D. J., (2004) *Ground Penetrating Radar*, 2nd edition, The Institution of Electrical Engineers, London, pagg. XV- 734.
- Dupuis C., Aubry M. P., King C., Knox R. W. O'B., Berggren W. A., Youssef M., Galal W. F. and Roche M. (2011) Genesis and geometry of tilted blocks in the Theban Hills, near Luxor (Upper Egypt). *Journal of African Earth Sciences*, 61, 3, 245-267.
- Goodman, D. (2004) GPR-SLICE. *Ground Penetrating Radar Imaging Software. User's Manual*, Geophysical Archaeometry Laboratory, California, 2004 (<http://www.gpr-survey.com/practice/GPR-SLICE>).
- Hiebert, Fred (2016), Private communication.
- National Geographic Society (2016) The kv 62 survey #2 team, *Ground Penetrating Radar - kv 62 GPR survey #2: Report to the Egyptian Ministry of Antiquities* (unpublished).
- Reeves N. 2015, *The Burial of Neferiti?* (a publication of the Amarna Royal Tomb Project, University of Arizona, Tucson, AZ, USA).
- Sandmeier (2018), Reflex 8.55, http://www.sandmeier-geo.de/Download/reflexw_manual_a4.pdf visited on 04/04/2018 h11:00.
- Watanabe H. (2015) "Report on the radar survey of the tomb of Tutankhamun (KV 62)", *Terra Information*, Yokohama, translated by Shohta Ueno and Alexandra J.Park (Copyright @ Hirokatsu Watanabe, 2015, unpublished).