

LA DECORAZIONE DELL'INGRESSO DELLA *DOMUS DE JANAS* DI PERDONIGHÉDDU (SORGONO, NU): APPLICAZIONE DELL'ESTENSIONE DSTRETCH DEL SOFTWARE IMAGEJ

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni sono state applicate nuove tecnologie allo studio e al trattamento delle immagini digitali di pitture rupestri. I nuovi metodi d'indagine si basano sull'analisi e sulla trasformazione delle foto dei resti di pittura. I risultati sono frutto dello sviluppo di tecniche fotografiche e informatiche, più o meno complesse, tra cui la fotografia digitale e il trattamento delle immagini con programmi informatici (BEA, ROYO 2013).

Decorrelation Stretch (DStretch) è un'estensione del software ImageJ, un elaboratore di fotografie digitali che permette di aprire, di modificare, di analizzare, di salvare e di stampare immagini ad alta risoluzione in differenti formati: .jpg, .tiff, .png e .gif. L'estensione DStretch (HARMAN 2005) eccelle per l'estrema facilità di utilizzo, per l'accessibilità aperta a qualsiasi studioso, studente o appassionato di pitture rupestri, per l'assenza di invasività sul contesto analizzato e la velocità di elaborazione di risultati concreti: tramite l'applicazione automatica di una serie di calcoli matematici sull'immagine si possono ricavare, infatti, rilevanti informazioni sulla tecnica di esecuzione dei motivi, sul contrasto o sulla sovrapposizione di più pigmenti.

Il programma, scritto con il linguaggio di programmazione Java, e quindi capace di funzionare in qualsiasi sistema operativo (Windows, Mac OS, Mac OS X e Linux), in origine è stato utilizzato principalmente per lo studio e il trattamento di immagini attribuibili ai campi dell'investigazione aerea spaziale, della ricerca medica e della ricerca microscopica a raggi X. Il software ImageJ, accessibile a tutti e gratuito, ha avuto un continuo e costante progresso grazie alla creazione di nuove applicazioni (plugin o estensioni) apportate da investigatori e studiosi. Tra questi, un ricercatore statunitense, J. HARMAN (2005), ha creato e sviluppato una specifica estensione per lo studio delle arti rupestri: il plugin DStretch. L'estensione permette di mettere in risalto le differenze di colore di un'immagine digitale, migliorando il contrasto delle tonalità più deboli con il calcolo automatico di un algoritmo di decorrelazione, che permette di operare sulla scala multispettrale, producendo una nuova immagine con falsi colori. Dstretch permette di selezionare con quale modello di colore si può analizzare l'immagine, tramite gli standard RGB e LAB o anche tramite variazioni dei modelli YUV o LAB (YDS, YBR, YBK, LDS, LRE) creati appositamente per l'analisi delle pitture rupestri.

In altri termini, si può dire che il colore di un'immagine digitale è formato dalla combinazione di tre colori base, il rosso, l'azzurro e il verde, in modo che ogni pixel abbia un colore derivato dalla combinazione di questi tre elementi. La combinazione dei tre segnali cromatici è chiamata modello di colore RGB (Red - Green - Blue). Esistono diversi modelli di colore, ciascuno dei quali produce differenti tonalità che si possono raggruppare generalmente nei gialli, nei rossi intensi e nei neri e azzurri. Con l'applicazione di Dstretch, che contiene un'ampia offerta di modelli di colore selezionabile tramite un'intuitiva schermata di tasti, l'immagine originale viene modificata in funzione della distribuzione dei colori che la compongono e dello spazio cromatico utilizzato per l'analisi.

Il funzionamento dell'estensione Dstretch è molto semplice e intuitivo. Lo strumento di partenza è la fotografia digitale. Le informazioni quantitative che si ricavano da un'immagine digitale sono legate al concetto di riflettanza (termine utilizzato in ottica), cioè la quantità di radiazioni che riflette un determinato materiale e la quantità di energia che quest'ultimo riceve per una lunghezza d'onda determinata. La riflettanza varia, nello stesso oggetto o superficie, a seconda dello spettro elettromagnetico utilizzato per l'analisi (spettro visibile, infrarossi, raggi ultravioletti, raggi X), delle proprietà fisico-chimiche del materiale e della intensità e angolazione della luce in un determinato momento. Le variabili sono ordinate in una matrice bidimensionale di punti (pixel), ognuno dei quali contiene un valore cromatico definito, dipendente dalla riflettanza della superficie secondo una differente lunghezza d'onda.

DStretch analizza l'immagine digitale tramite l'applicazione dell'algoritmo di decorrelazione su lunghezze d'onda dello spettro visibile, approssimativamente tra i 400 e i 700 μm . Per ottenere buoni risultati, bisogna avere l'accortezza di usare una macchina fotografica digitale con sensore D-SLR ad alta risoluzione e, anche se DStretch può essere utilizzato con immagini in formato .tiff e .jpg, è preferibile realizzare la documentazione da analizzare in formato .raw, così da ottenere una maggiore quantità di informazioni nel registro dell'immagine e ridurre le distorsioni provocate dalla calibrazione inappropriata della macchina fotografica; al momento di realizzare l'immagine, inoltre, bisogna usare il minor ISO possibile, evitare la luce diretta del sole sulla superficie interessata, per non avere contaminazioni e ottenere una foto più nitida, utilizzare un'apertura di diaframma tra $f/8$ e $f/16$, per assicurare una profondità di campo adeguata.

Una volta realizzata l'immagine ideale, il procedimento di analisi con l'estensione Dstretch è semplice, in quanto il programma propone una schermata (Fig. 1) con vari tasti per selezionare il modello di colore con cui si vuole analizzare l'immagine, l'applicazione di filtri, il controllo di diversi parametri, come il contrasto, le tonalità e la saturazione. L'analisi della fotografia è au-

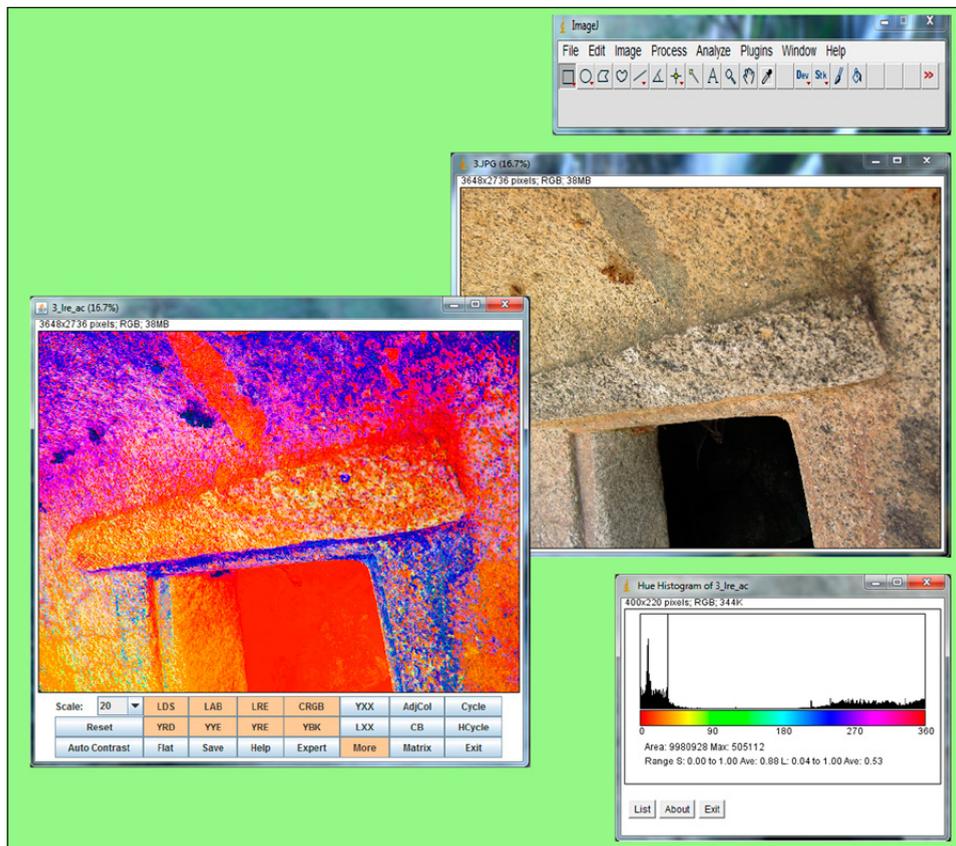


Fig. 1 – Esempi di schermate dell'applicazione DStretch sulla foto digitale della *domus de janas* di Perdonighèddu.

tomatica, in quanto l'algoritmo di decorrelazione modifica l'immagine reale, producendone una nuova con colori alterati che mettono in risalto le tracce di pittura; per migliorarne la risoluzione, si possono selezionare manualmente anche altri parametri.

Un'ulteriore particolarità del plugin DStretch del programma ImageJ riguarda la tecnica utilizzata per la documentazione della pittura rupestre. A differenza dei metodi tradizionali impiegati per riprodurre le pitture rupestri con il ricalco da contatto, questa procedura è una tecnica non invasiva che sopprime il rischio di deterioramento sia delle pitture, sia del contesto. In svariate occasioni, per ottenere i ricalchi direttamente sulla roccia, si inumidiva la pittura per una migliore visualizzazione dei motivi, inoltre venivano

utilizzati cellophane, pennarelli indelebili e innumerevoli ore di lavoro. Questo supposeva un continuo deterioramento del contesto roccioso con conseguente formazione di concrezioni, funghi e batteri, così come un'alterazione dei motivi pittorici causata dalla rottura del cellophane con la punta dei pennarelli indelebili. Pertanto l'uso di questo software, così come il perfezionamento di altre tecniche informatiche (VICENT GARCÍA *et al.* 1996; LÓPEZ-MONTALVO, DOMINGO 2009; LÓPEZ-MONTALVO 2010), consente – attraverso la fotografia digitale – una migliore visualizzazione delle tracce di pittura e il successivo trattamento con altri programmi, come ad esempio Photoshop.

L'applicazione del plugin DStretch nel campo dell'arte rupestre è una tecnica recente. I primi studi sono stati condotti dal creatore dell'estensione, Jon Harman, e incentrati, principalmente, sull'arte rupestre dei nativi del Nevada, del Nuovo Messico e della Bassa California. I risultati si sono rivelati eccezionali, tanto che il metodo di indagine con l'applicazione di Dstretch si è diffuso in alcuni paesi del Centro e del Sud America. Nel 2009 gli studiosi cubani D.A. Gutiérrez Calvache, J.B. González Tendero e R.F. Ortega, del GCIAR (Gruppo Cubano di Investigazione dell'Arte Rupestre), al seguito del prof. R. MANZANILLA (2008) dell'Istituto Nazionale di Antropologia e Storia (INAH) di Città di Messico, hanno condotto uno studio analitico sulle pitture rupestri della Cueva de Camila (Minas de Matahambre, Pinar del Rio, Cuba: GUTIERREZ CALVACHE *et al.* 2009), ottenendo ottimi risultati. Successivamente il metodo si è diffuso in Perù (HOSTNIG 2011, 2012), nella Repubblica Dominicana (GUTIERREZ CALVACHE *et al.* 2011) e in Argentina (ACEVEDO, FRANCO 2012, 152-175). In Europa, fino ad ora, l'utilizzo del metodo DStretch per lo studio delle pitture rupestri è documentato solo in Spagna (QUESADA MARTÍNEZ 2008-2010; MEDINA RUIZ *et al.* 2012; BEA, ROYO 2013; FERNÁNDEZ RUIZ, SPANEDDA 2013).

G.G.D., M.F.R.

2. LE DOMUS DE JANAS

Le *domus de janas* sono grotticelle artificiali scavate nella roccia che caratterizzano gli aspetti funerari della Preistoria recente sarda. Secondo alcuni autori (SANTONI 1994, 369-382), i prototipi (necropoli di Cuccuru S'Arriu) risalgono alla fine del V millennio, nel momento di transizione dalla cultura di Bonu Ighinu a Ozieri (*facies* S. Ciriaco), ma la loro diffusione avverrà durante il Neolitico recente e si manterrà per tutta l'Età del Rame fino all'Età del Bronzo antico, con riutilizzi, modifiche strutturali e, persino, nuove costruzioni (CONTU 1997, 115; MELIS 2003, 100-101; SPANEDDA, CÁMARA 2011). A seconda delle zone vengono chiamate *domus de sas fadas*, *forrus*, *forreddus* o *concas* (LILLIU 1988, 89). La loro denominazione, attinta dalla

cultura popolare, significa case o stanze delle fate, anche se in realtà *janas* non è riferibile alle fate ma a degli spiriti femminili, immortali, che, nelle loro case, tessavano con fili d'oro e che avevano anche il potere di pietrificare persone o animali (DEMARTIS 2001, 13).

Le *domus* si concentrano soprattutto nel Sassarese, nel Goceano, nel Meilogu, nella Barbagia di Ollolai, nel Mandrolisai, sulla costa orientale e nel Sulcis Iglesiente (CONTU 1997, 118). Per quanto riguarda la planimetria vi è la massima varietà: si va da tombe semplici monocellulari a quelle pluricellulari, con schema planimetrico variato, a T o centripeto o cruciforme, etc. (LO SCHIAVO 1986, 49). Queste tombe, talora, vogliono rappresentare le abitazioni dei vivi, quindi possono avere, nel loro interno, la riproduzione del tetto a doppio spiovente, pilastri, porte, finestre o elementi di arredo come banconi, focolari, alcove, etc. (TANDA 1984, II-25; SPANEDDA 2009). Si possono trovare isolate o riunite in necropoli, su un declivio collinoso, in costoni verticali o in un masso erratico. L'accesso avveniva tramite pozzetto o corridoio. L'ingresso vero e proprio, generalmente, è di forma trapezoidale o rettangolare con gli angoli arrotondati. Da questo si accedeva direttamente alle camere sotterranee scavate nella roccia (DEMARTIS 2001, 13, 20). Molte di esse erano decorate con motivi scolpiti, incisi o dipinti (TANDA 1977, 2000; MELONI 2008). Le tecniche utilizzate con più frequenza per l'esecuzione dei motivi sono la pittura e la scultura, e in minor misura l'incisione (TANDA 2012, 142). Sovente queste tecniche sono associate, in particolare la pittura e la scultura; ma esistono esempi di utilizzo delle tre in associazione, come nel caso di Sa Pala Larga (Bonorva, SS) (MELONI 2008, 66).

Per G. TANDA (2009, 207) i motivi scolpiti e dipinti sono più antichi e risalgono al Neolitico recente, mentre quelli incisi si attribuiscono all'Eneolitico. Per quanto riguarda il presente studio, ci si soffermerà sulle caratteristiche delle *domus de janas* dipinte che, attualmente, sono almeno 107 (TANDA 2009, 213). Di solito i resti di pittura si trovano nell'anticella e/o nella cella principale. Esistono differenti categorie di manifestazioni figurative: motivi a spirale o falsa spirale (Mandra Antine III, Thiesi), a scacchiera (Pubusattile IV, Villanova Monteleone), a reticolato (Mandras, Ardauli), a cerchi concentrici (Lochele I, Sedilo), a triangoli (Campu Majiore XII, Busachi), a zig-zag (Paniloriga 3, Santadi); in alcuni casi rappresentano elementi architettonici (Mandras, Ardauli) (LOI 2006, 155; MELONI 2008, 66-67; TANDA 2009, 213). Per quanto riguarda il campo cromatico, si va da una colorazione rossa uniforme, che può avere varie sfumature, a una policroma, nella quale i colori più utilizzati, a parte il rosso, sono il grigio antracite e il giallo. La pittura si concentra nei soffitti, intorno ai portelli e alle false porte o sui bucrani scolpiti, come nel caso della *domus* di S'Acqua Salida (Pimentel) (TANDA 2009, 213).

L.S.

3. LA DOMUS DI PERDONIGHÉDDU

La *domus de janas* di Perdonighéddu si trova nel territorio del Comune di Sorgono (NU), a 685 m sul livello del mare, in località Funtana Frida (*Progetto i nuraghi* 1990, 278), nella regione della Sardegna centrale denominata, storicamente, Mandrolisai¹ (CARTA RASPI 1971) (Fig. 2). Il territorio in questione è ricco di evidenze archeologiche che testimoniano una prolungata e costante presenza antropica dal Neolitico finale all'età moderna.

Per quanto riguarda la Preistoria recente, i dati sono emblematici: si ha la testimonianza sia del fenomeno megalitico, con l'impressionante "sanuario all'aperto" di *Biru 'e Concas* (Sorgono) (FADDA 1993; ATZENI 2004) dove si possono contare più di 150 menhir fra i quali sono rappresentate tutte le tipologie conosciute (menhir aniconici, protoantropomorfi, antropomorfi e statue-menhir), la cospicua presenza di massi coppedati sparsi per il territorio e le numerose statue-menhir calcolitiche rinvenute nel Comune di Samugheo (PERRA 1992, 17-40), sia di quello ipogeico, con 16 *domus de janas* distribuite per la regione in maniera capillare. Per caratteristiche geografiche, morfologiche e tipologiche, esse si possono dividere in due gruppi: quello sud-occidentale, formato da otto *domus* tutte di pianta pluricellulare con una volumetria piuttosto estesa scavate in costoni di trachite nel Comune di Samugheo (Su Murone I; Su Murone II; Surgiagadda I; Surgiagadda II; Surgiagadda III; Surgiagadda IV; Surgiagadda V; Baralla) e quello nord-orientale, formato da otto ipogei di piccole dimensioni e semplici planimetrie, di cui sei scavati in affioramenti granitici nelle campagne di Sorgono (Perdonigheddu; Santu Loisu I; Santu Loisu II; Pardu'e Cresia I; Pardu'e Cresia II) e Atzara (Corongiu Senes), uno scavato in una parete di scisto in territorio di Sorgono (Sauri) e l'ultimo in una formazione di puddinga quarzosa nel Comune di Tonara (Martì) (DELIGIA 2011).

La *domus* di Perdonigheddu si trova al limite dell'altopiano di *Iscolas*, in una zona dominante, circondata da pascoli alternati a boschi di sughere. È orientata a SO, di piccole dimensioni con pianta monocellulare ed è scavata in un blocco di roccia granitica altamente fratturata, motivo per cui parte dell'anticella si è completamente staccata (Fig. 3a). La facciata è finemente lavorata, caratterizzata con stipiti ed architrave ottenuti in rilievo (Fig. 3b). L'architrave risulta danneggiato e mancante della parte superficiale rifinita, forse staccata in tempi recenti. Il portello che immette nella cella si apre a 0,70 m dal piano di campagna, ha un'altezza compresa tra i 0,53 m e i 0,56 m e una larghezza, nel punto di massima estensione, di 0,51 m. Alla base dell'ingresso, nella parte centrale della fessura, si nota, appena abbozzata,

¹ Mandrolisai è la contrazione di Mandra Olisai che era il nome della vecchia curatoria facente parte prima del giudicato di Arborea e dopo, sotto la dominazione aragonese, del marchesato di Oristano.

La decorazione dell'ingresso della domus de janas di Perdonighèddu (Sorgono, NU)

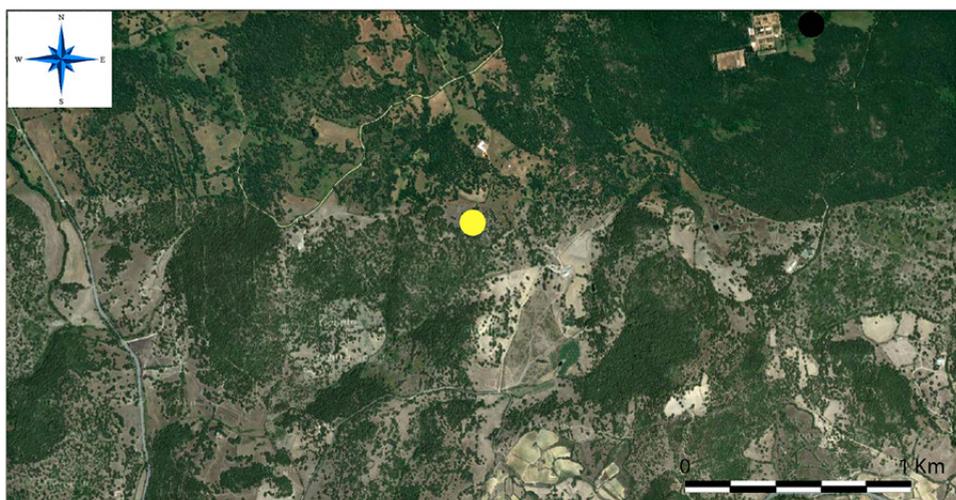
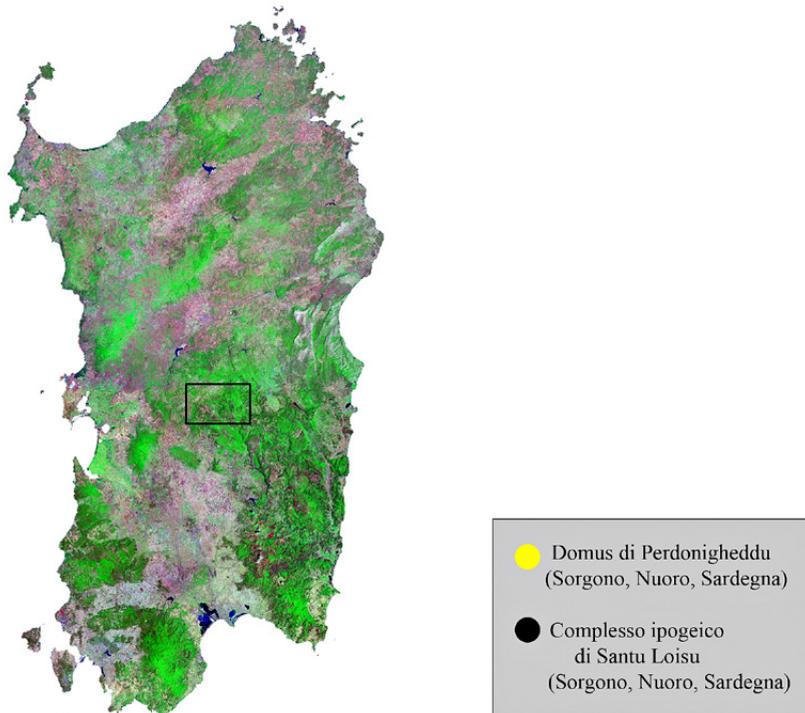


Fig. 2 – Ubicazione della *domus* di Perdonighèddu (Sorgono, Nuoro).



Fig. 3 – *Domus de janas* di Perdonighèddu. a) Vista generale della sepoltura. b) Vano d'ingresso dell'ipogeo (foto G.G. Deligia).

una canaletta di scolo, che sembra di successiva fattura, perché non lavorata finemente come i contorni. La cella, di pianta irregolarmente ellittica, ha un andamento curvilineo e raggiunge, nel punto massimo, 2,10 m di lunghezza e 1,75 m di larghezza, ed un'altezza compresa tra 0,85 e 0,89 m (Fig. 4a).

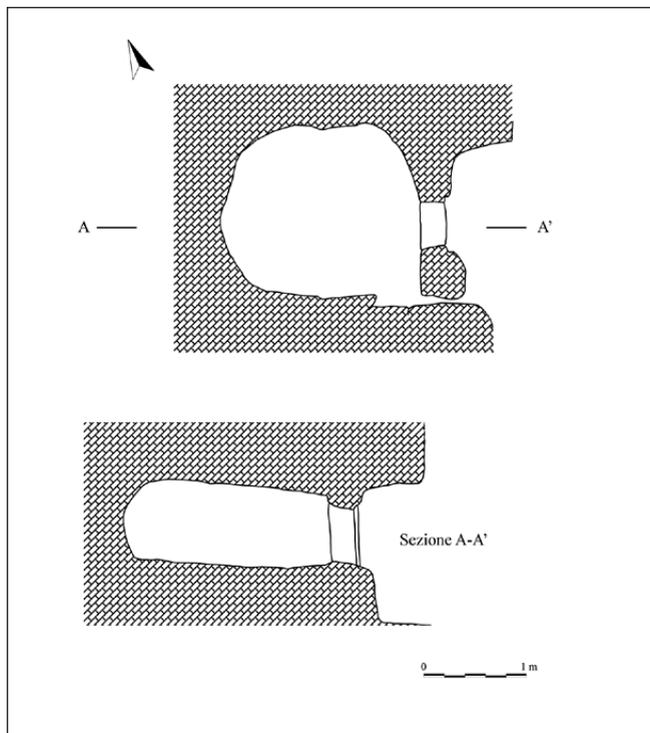
Nel lato destro, rispetto all'ingresso della cella principale, si osserva l'esistenza di una profonda frattura che isola parte del blocco granitico. In questa parte della roccia è ricavata una piccola cella a cui, probabilmente, si accedeva, in antico, dall'anticella, larga 0,92 m, lunga 0,87 m e con un'altezza compresa tra 0,78 m e 0,81 m. Nella parete sinistra della cavità sono inoltre evidenti dei solchi uniformi che possono essere interpretati come indizio del processo di costruzione della celletta, ipotesi molto probabile data la struttura irregolare e incompleta della cella, oppure come una decorazione simbolica lineare. I solchi sono lunghi tra 0,20 m e 0,24 m e larghi circa 0,02 m.

Per quanto riguarda gli elementi artistici dipinti, nella *domus de janas* di Perdonighèddu sono presenti resti di pittura nel contorno del portello dell'anticella principale (Fig. 3b) (DELIGIA 2011, 23-27).

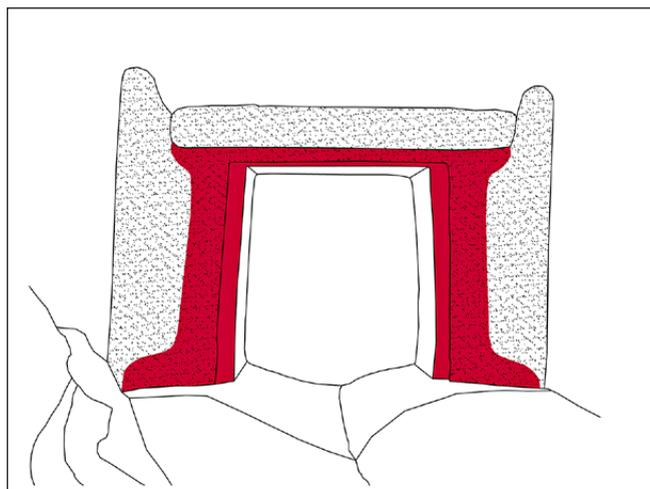
G.G.D.

4. RISULTATI

Il trattamento con DStretch è stato effettuato sottoponendo ciascuna delle foto selezionate a diversi modelli di colore, per ottenere un'immagine più chiara possibile. Per la fotografia della vista frontale dell'entrata della sepoltura (Fig. 5a) si è utilizzato un modello di colore LRE alla scala 12.5 (Fig. 5b). Questa matrice funziona sui principali canali di rosso, giallo, verde e blu, mettendo in evidenza il rosso sul resto delle tonalità. Nella Fig. 5c,

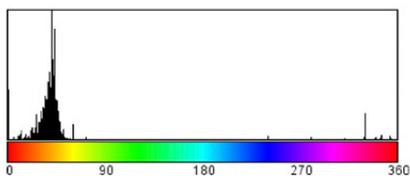


a



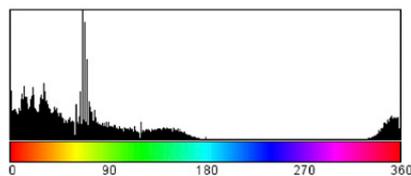
b

Fig. 4 – a) Pianta e sezione della sepoltura. b) Vista frontale del portello della tomba con la ricostruzione degli stipiti dipinti (disegno M. Fernández Ruiz).



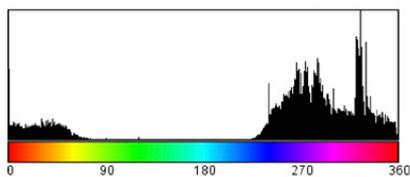
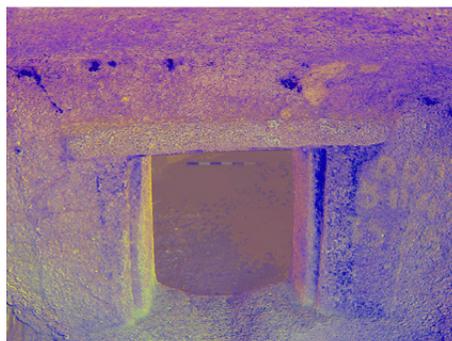
Area: 9980928 Max: 997437
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.29 L: 0.00 to 1.00 Ave: 0.53

a



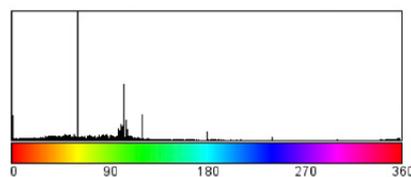
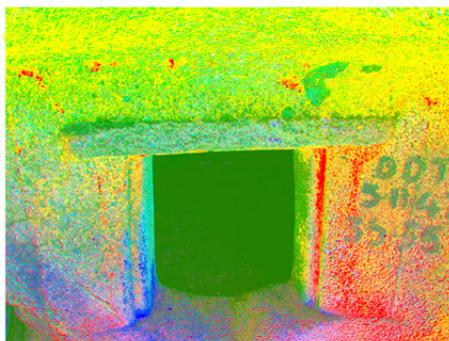
Area: 9980928 Max: 323102
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.26 L: 0.20 to 0.68 Ave: 0.52

b



Area: 9980928 Max: 209027
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.26 L: 0.20 to 0.68 Ave: 0.52

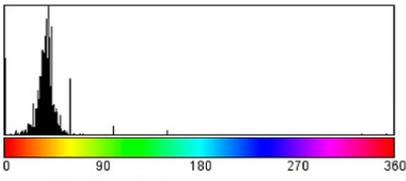
c



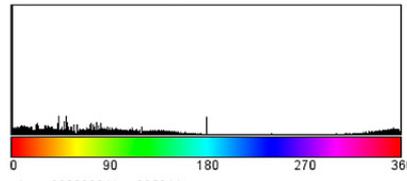
Area: 9980928 Max: 1298504
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.84 L: 0.22 to 0.97 Ave: 0.51

d

Fig. 5 – Trattamento dell'immagine frontale della domus di Perdonighèddu con l'applicazione DStretch. a) Immagine originale. b-d) Immagine analizzata con differenti modelli di colore, regolazioni con il software DStretch e istogrammi per ciascuna delle applicazioni.



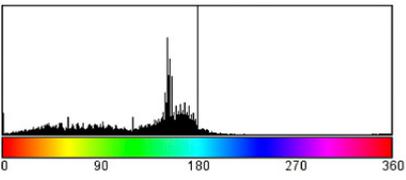
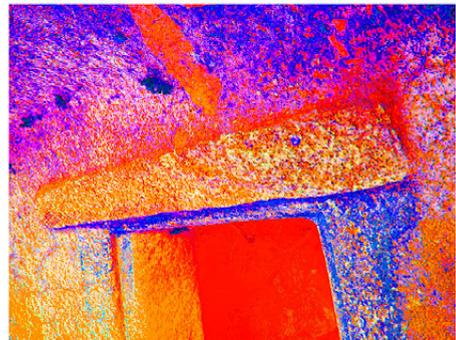
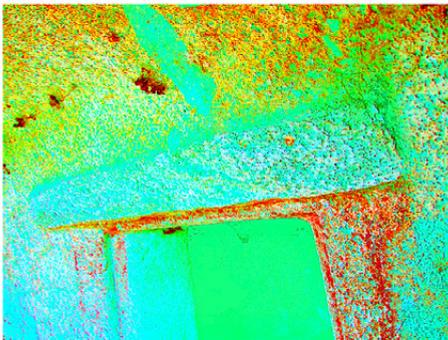
Area: 9980928 Max: 763855
1955 zero pixels not plotted
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.25 L: 0.00 to 1.00 Ave: 0.48



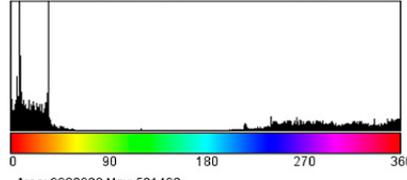
Area: 9980928 Max: 935044
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.61 L: 0.03 to 1.00 Ave: 0.43

a

b



Area: 9980928 Max: 528536
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.87 L: 0.03 to 1.00 Ave: 0.53

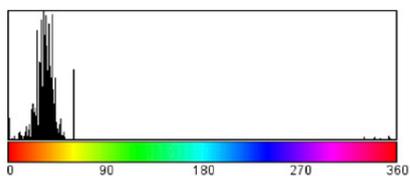


Area: 9980928 Max: 521492
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.87 L: 0.01 to 1.00 Ave: 0.52

c

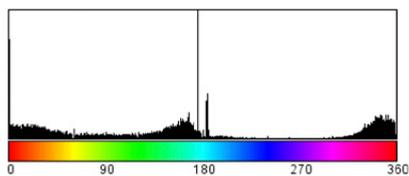
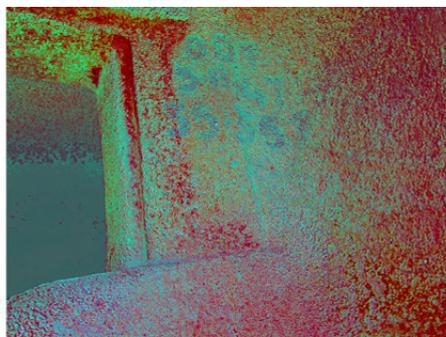
d

Fig. 6 – Trattamento dell'immagine della parte superiore destra della *domus* di Perdonighèddu con DStretch. a) Immagine originale. b-d) Immagine analizzata con differenti modelli di colore, regolazioni con il software Dstretch e istogrammi per ciascuna delle applicazioni.



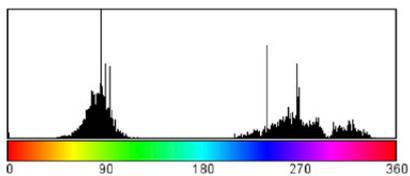
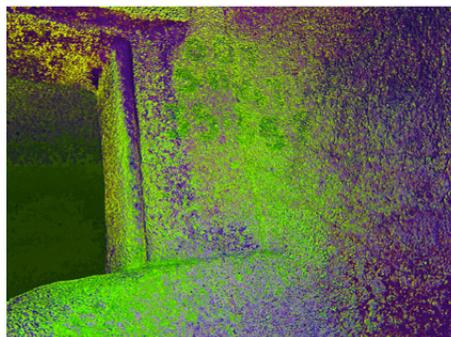
Area: 9980928 Max: 658371
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.17 L: 0.00 to 0.99 Ave: 0.42

a



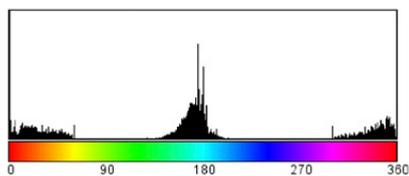
Area: 9980928 Max: 485875
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.39 L: 0.11 to 0.84 Ave: 0.39

b



Area: 9980928 Max: 423919
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.64 L: 0.06 to 0.86 Ave: 0.32

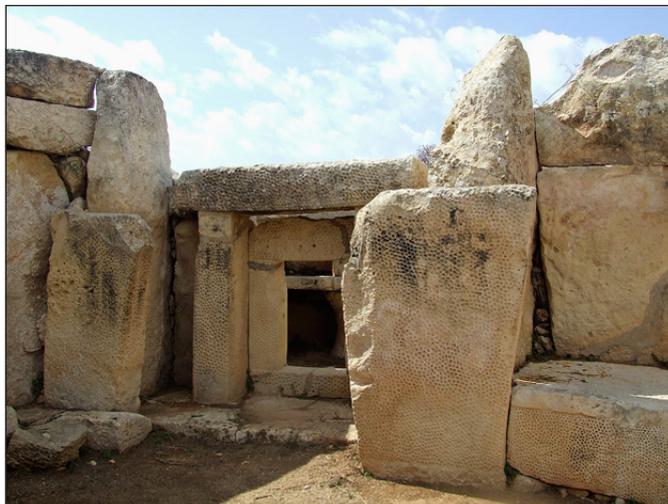
c



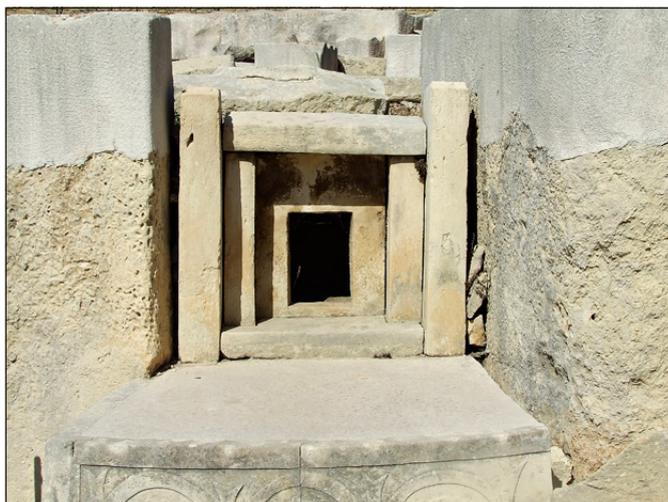
Area: 9980928 Max: 552595
Range S: 0.00 to 1.00 Ave: 0.64 L: 0.06 to 0.86 Ave: 0.32

d

Fig. 7 – Trattamento dell'immagine della parte laterale destra della *domus* di Perdonighèddu con DStretch. a) Immagine originale. b-d) Immagine analizzata con differenti modelli di colore, regolazioni con il software Dstretch e istogrammi per ciascuna delle applicazioni.



a



b

Fig 8 – Ingresso dei templi dell'isola di Malta. a) Mnajdra. b) Tarxien (foto L. Spanedda).

al modello LRE alla scala 12.5 è stato poi applicato, nell'Expert mode, un cambio di colore (Hue shift) con un fattore 255, ottenendo un contrasto viola sullo sfondo della roccia. Nella Fig. 5d, nell'Expert mode, è stata usata una matrice XYZ a scala 10 con autocontrasto, che definisce meglio la gamma di colori, con maggiore nitidezza nelle tonalità che vanno dal giallo al rosso.

Per la fotografia della parte superiore destra dell'entrata alla *domus* di Perdonighéddu (Fig. 6a), dove si conservano meglio i resti di pittura, è stato utilizzato il modello YRD alla scala 20 con autocontrasto dell'immagine, mettendo in evidenza il rosso sul colore della roccia. Il successivo trattamento (Fig. 6b) è stato compiuto selezionando la zona dipinta e utilizzando una matrice preimpostata LRE alla scala 20, con un autocontrasto, sul risultato finale, che ha evidenziato i toni del rosso sul blu, e reso maggiormente comprensibile la pittura. Per la Fig. 6c è stata seguita la stessa procedura, ma realizzando un cambio di colore con fattore 215 nel modo Expert, ottenendo il passaggio delle tonalità rosse al viola e di quelle azzurre all'arancione.

Per avere una visione completa del soggetto dipinto, è stata selezionata un'immagine che mostra lo stipite della parte destra (Fig. 7a). Nel primo caso si è utilizzata una matrice LRD alla scala 20, ponendo in risalto la tonalità rossa su uno sfondo azzurro (Fig. 7b); nel secondo caso (Fig. 7c) si è trattata l'immagine con un modello prestabilito di colore YRD alla scala 20, sottraendo saturazione al colore (AdjCol) con un fattore 0.70; nel terzo caso nell'Expert mode è stato realizzato un cambio di colore con fattore 271, ottenendo toni violacei per la pittura e verdi per parte del supporto; si è, infine, applicato all'immagine un modello di colore YRD alla scala 20 e una saturazione del colore con fattore 0.70, in modo da attenuare le tonalità, ottenendo un risultato in cui il colore rosso si staglia sullo sfondo blu. Per ciascun esempio fatto con DStretch si sono allegati gli istogrammi dell'immagine corrispondente in modo da poter osservare i cambi nella scala di colori.

Dopo lo studio con il programma DStretch, si è potuto ricostruire il motivo dipinto in rosso che orna il contorno del portello della *domus*. I resti di pittura sono presenti in ambo i lati, ma soprattutto in quello destro, in cui si vede chiaramente il motivo riprodotto, che imita uno stipite. Il motivo, presumibilmente, era ripetuto anche nel lato opposto, per formare, così, due stipiti che sostenevano l'architrave. La pessima conservazione di quest'ultimo, però, benché resti di pittura suggeriscano che anch'esso fosse dipinto, limita una ricostruzione completa del motivo rappresentato. All'esterno della struttura che forma la porta se ne nota una seconda architravata, forse un modo per sottolineare come, nella realtà, vi fosse una differenza di materiali di costruzione, anche se sono noti casi in cui simili strutture erano fatte con lo stesso tipo di materiale, ad esempio a Malta (cfr. *infra*).

M.F.R.

5. CONCLUSIONI

In questo studio è stata realizzata per la prima volta l'analisi delle pareti di una *domus de janas* con l'ausilio del programma Dstretch per individuare

eventuali tracce di pittura non più visibili a occhio nudo. Questa nuova metodologia, e le possibilità offerte dal programma, sono state inserite nell'ambito del "Progetto SOS Mandras" (LOI *et al.* 2013, 26), dato che, a nostro giudizio, analisi di questo tipo aumenteranno notevolmente il numero di *domus de janas* dipinte e daranno un nuovo impulso per lo studio dell'arte ipogeica in Sardegna.

Lo studio dell'ingresso della *domus*, dopo l'analisi con il programma DStretch, ha rivelato la presenza di un motivo dipinto in rosso, presumibilmente con ocra, che orna il contorno dell'entrata e che non è visibile ad occhio nudo. I resti di pittura, pur essendo presenti in entrambi i lati, sono più evidenti in quello destro e formano due stipiti che sostenevano l'architrave. All'esterno della struttura che costituisce la porta si può vedere la riproduzione, con un leggero bassorilievo, di una seconda struttura architravata. Considerando la ricostruzione del motivo dipinto su entrambi i lati dell'accesso e la presenza dell'altra struttura esterna architravata, sorprende la somiglianza nell'organizzazione del doppio architrave e doppio sistema di stipiti con gli esempi, ipogeici e non, dell'isola di Malta, soprattutto Tarxien, Mnajdra e Hal Saflieni (Fig. 8) (BONANNO 2000; TRUMP 2004; SKEATES 2010).

Il metodo Dstretch in questo caso non è servito per definire meglio il motivo ma per suggerire l'esistenza di uno strato di pittura in una zona particolare. La presenza di tracce di pittura – le cui caratteristiche dovrebbero essere definite da analisi chimiche, come avvenuto per altri casi (CARIATI *et al.* 1981; RAMPAZZI *et al.* 2002, 2007; TANDA *et al.* 2003) – proprio all'entrata potrebbe essere frutto della casualità, anche se esistono due indizi che suggeriscono che il colore, inizialmente, non copriva allo stesso modo tutta la tomba. Innanzitutto, la decorazione scolpita è più frequente attorno alle porte, e ciò sottolinea l'importanza che acquisisce il fatto di evidenziare le zone di transito, che in questo caso rappresentano il passaggio dalla vita alla morte; inoltre, anche in relazione con la simbologia del passaggio, non si possono tralasciare i numerosi casi di "false porte" che si trovano nelle *domus de janas* e sulle quali si concentra la decorazione. Senza dubbio la decorazione imita la casa dei vivi (SPANEDDA 2009) e, nel caso di quella zoomorfa, ha una connessione con l'ostentazione di ricchezza; questo ribadisce l'importanza simbolica della tomba (TANDA 1977, 2009), come specchio e proiezione della casa, la residenza in cui si progetta di attestare per l'eternità la posizione sociale.

L.S.

GIOVANNI GUSTAVO DELIGIA

Dipartimento di Storia, Scienze dell'Uomo e della Formazione
Università degli Studi di Sassari

MARCOS FERNÁNDEZ RUIZ, LILIANA SPANEDDA

Departamento de Prehistoria y Arqueología
Universidad de Granada

BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO A., FRANCO V.N. 2012, *Aplicación DStretch-ImageJ a imágenes digitales del arte rupestre de Patagonia (Argentina)*, «Comechingonia Virtual. Revista Electrónica de Arqueología», 6, 2, 152-175 (<http://www.comechingonia.com/Come%2016%20-%202%20semestre%202012%20-%20PDF/Acevedo%20y%20Franco%202012.pdf>).
- ATZENI E. 2004, *La scoperta delle statue-menhir. Trent'anni di ricerche archeologiche nel territorio di Laconi*, Cagliari, CUEC Cooperativa Universitaria Editrice Cagliariitana.
- BEA M., ROYO J.I. 2013, *¿También un arte 'macro-levantino'? El arquero de grandes dimensiones de Val del Charco del Agua Amarga (Alcañiz, Teruel)*, «Trabajos de Prehistoria», 70, 1, 166-174 (<http://dx.doi.org/10.3989/tp.2013.12107>).
- BONANNO A. 2000, *Malta. Il fascino dell'Archeologia*, La Valletta, M.J. Publications Ltd. (3ª ed.).
- CARIATI F., PIREDDA G., SERRI R., TANDA G. 1981, *Analisi chimico-mineralogiche di un campione di parete dipinta della domus de janas I di Molia-Illorai*, «Rivista di Scienze Preistoriche», 26, 291-300.
- CARTA RASPI R. 1971, *Storia della Sardegna*, Milano, Gruppo Ugo Mursia Editore.
- CONTU E. 1997, *La Sardegna preistorica e nuragica*, 1, Sassari, Chiarella.
- DELIGIA G.G. 2011, *Megalitismo e ipogeismo nel Mandrolisai*, Tesi di Laurea triennale, Università degli Studi di Sassari.
- DEMARTIS G.M. 2001, *Le Domus de Janas della Nurra, Il Triangolo della Nurra. Il circuito archeologico della Sardegna nord-occidentale*, Sassari, Soprintendenza Archeologica per le Province di Sassari e Nuroro, Imago Media Editrice.
- FADDA M.A. 1993, *Il sito: Località Biru e Concas*, «Bollettino di Archeologia», 19-21, 164-168.
- FERNÁNDEZ RUIZ M., SPANEDDA L. 2013, *Abrigo con arte rupestre de El Tablazo II (Diezma, Granada). Revisión con DStretch de Image-J de los motivos pintados*, «Bastetania», 1, 73-81 (http://bastetania.ceab.es/wp-content/uploads/2013/09/2013_09.pdf).
- GUTIÉRREZ CALVACHE D.A., GONZÁLEZ TENDERO J.B., FERNÁNDEZ ORTEGA R. 2009, *Primera aplicación de Dstretch-ImageJ. Mejora automatizada de imagen digital en el arte rupestre cubano*, «Rupestreweb» (<http://www.rupestreweb.info/dstretch-cuba.html>).
- GUTIÉRREZ CALVACHE D.A., GONZÁLEZ TENDERO J.B., TAVÁREZ MARIA C. 2011, *DStretch – ImageJ una nueva herramienta para la arqueología dominicana*, «ATAJO. Revista sobre Ciencia, Sociedad y Medio Ambiente», 10, 1, 15.
- HARMAN J. 2005, *Using Decorrelation Stretch to enhance rock art images*, in *American Rock Art Research Association Annual Meeting (Reno 2005)* (http://www.petroglyphs.us/article_using_decorrelation_stretch_to_enhance_rock_art_images.htm).
- HOSTNIG R. 2011, *Inventario y análisis iconográfico de las manifestaciones rupestres de Coasa en la vertiente oriental de la cordillera de Carabaya, Puno, Perú*, «Rupestreweb» (<http://www.rupestreweb.info/coasa.html>).
- HOSTNIG R. 2012, *Las pinturas rupestres de Pamparaqay, Apurímac, Perú. Obra maestra del Arcaico andino-peruano. Parte I: Iglesiasmachay*, «Rupestreweb» (<http://www.rupestreweb.info/pamparaqay1.html>).
- LILLIU G. 1988, *La civiltà dei Sardi dal Paleolitico all'età dei nuraghi*, Torino, Nuova Eri Edizioni RAI.
- LOI C. 2006, *Ardauli (Sardegna, Italia). Domus de janas dipinta di Mandras*, «Arqueología y Territorio», 3, 153-160.
- LOI C., SPANEDDA L., FERNÁNDEZ RUIZ M. 2013, *Nuove indagini sull'arte preistorica del Barigadu*, in C. LOI, V. BRIZZI (eds.), *Esperimento, Esperienza, Educazione. Tracce convergenti per un percorso di valorizzazione dell'Archeologia*, Cagliari, Comune di Ardauli-Paleoworking Sardegna, 26-29.
- LÓPEZ-MONTALVO E. 2010, *Imágenes en la roca: del calco directo a la era digital en el registro gráfico del arte rupestre levantino*, «Clio Arqueológica», 25, 1, 153-196.

- LÓPEZ-MONTALVO E., DOMINGO SANZ I. 2009, *Nuevas técnicas aplicadas a la documentación gráfica del Arte Levantino: valoración crítica del método tras una década de experiencia*, in *IV Congreso El Arte Rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica (2008)*, Valencia, Generalitat Valenciana, 295-302.
- LO SCHIAVO F. 1986, *La preistoria*, in A. ANTONA, F. LO SCHIAVO (eds.), *Il museo Sanna in Sassari*, Sassari, Banco di Sardegna, 19-62.
- MANZANILLA R. 2008, *Aplicación del método de ampliación Decorrelación de imágenes digitales en el arte rupestre*, *Simposium Internacional de Arte Rupestre*, Conferencia dictada en el Simposium Internacional de Arte Rupestre, Instituto Cubano de Antropología, Convento San Francisco de Asís, La Habana.
- MEDINA RUIZ A.J., MARTÍNEZ COLLADO F.J., HERNÁNDEZ CARRIÓN E., LÓPEZ CAMPUZANO M., SAN NICOLÁS DEL TORO M. 2012, *Las pinturas rupestres esquemáticas del abrigo Riquelme (Jumilla, Murcia)*, *Monografías del Centro de Estudios de Prehistoria y Arte Rupestre*, 2, Murcia.
- MELIS P. 2003, *La necropoli ipogeica di "Sa Figu" - Ittiri (Sassari)*, in P. MELIS (ed.), *Studi in onore di Ercole Contu*, Sassari, Università degli Studi di Sassari, 97-123.
- MELONI G.M. 2008, *L'arte parietale delle domus de janas: sintesi del catalogo delle tombe decorate*, in G. TANDA, C. LUGLIÈ (eds.), *Il Segno e l'Idea. Arte preistorica in Sardegna*, Cagliari, CUEC Cooperativa Universitaria Editrice Cagliariitana, 65-98.
- PERRA M. 1992, *Statue-menhir in territorio di Samugheo (Oristano)*, Sassari, Carlo Delfino Editore.
- Progetto i nuraghi. Ricognizioni in Ogliastra, Barbagia, Sarcidano. Il territorio*, Milano, Consorzio Archeosystem 1990.
- QUESADA MARTÍNEZ E. 2008-2010, *Extensión DStretch del software Image-J. Avance de resultados en el Arte Rupestre de la Región de Murcia*, «Cuadernos de Arte Rupestre», 5, 14-47.
- RAMPAZZI L., CAMPO L., CARIATI F., TANDA G., COLOMBINI M.P. 2007, *Prehistoric wall paintings: The case of the domus de janas necropolis (Sardinia, Italy)*, «Archaeometry», 49, 3, 559-569.
- RAMPAZZI L., CARIATI F., TANDA G., COLOMBINI M.P. 2002, *Characterisation of wall paintings in the Sos Furrighesos necropolis (Anela, Italy)*, «Journal of Cultural Heritage», 3, 230-240.
- SANTONI V. 1994, *Alle origini dell'ipogeismo in Sardegna: Cabras-Cuccuru S'Arriu, la necropoli del neolitico medio*, in AA.VV., *L'ipogeismo nel Mediterraneo. Origini, sviluppo, quadri culturali. Atti del Congresso internazionale (Sassari-Oristano 1994)*, I, Sassari, Stampacolor Industria Grafica, 369-382.
- SKEATES R. 2010, *An Archaeology of the Senses. Prehistoric Malta*, Oxford, Oxford University Press.
- SPANEDDA L. 2009, *Las domus de janas sardas. Proyección de la "religión" y proyección de la estabilidad*, «Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada», 19, 101-137.
- SPANEDDA L., CÁMARA J.A. 2011, *Tipologia, disegno ed importanza sociale delle domus de janas della Sardegna nord-occidentale durante la Preistoria recente*, in *Atti della XLIII Riunione Scientifica dell'IIPP. L'Età del Rame in Italia (Bologna 2008)*, Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, 775-780.
- TANDA G. 1977, *Arte preistorica in Sardegna. Le figurazioni taurine scolpite dell'Algherese nel quadro delle rappresentazioni figurate degli ipogei sardi a "domus de janas"*, *Quaderni della Soprintendenza ai Beni archeologici per le Province di Sassari e Nuoro*, 5.
- TANDA G. 1984, *Arte e religione della Sardegna preistorica nella necropoli di Sos Furrighesos*, Sassari, Chiarella.
- TANDA G. 2000, *L'ipogeismo in Sardegna: arte, simbologia, religione*, in *L'ipogeismo nel Mediterraneo: origini, sviluppo, quadri culturali. Atti del Congresso internazionale (Sassari-Oristano 1994)*, I, Sassari, Università degli Studi di Sassari, 399-425.

- TANDA G. 2009, *L'arte "immobiliare" preistorica in Sardegna*, in *Atti della XLIV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria "La Preistoria e la Protostoria della Sardegna"* (Cagliari, Barumini, Sassari 2009), I, Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, 205-218.
- TANDA G. 2012, *L'arte del Neolitico recente in Sardegna: origine, sviluppo ed esiti finali*, «Preistoria Alpina», 46, 1, 131-150.
- TANDA G., CARIATI F., COLOMBINI M.P., RAMPAZZI L. 2003, *Caratterizzazione delle pitture parietali presenti nella necropoli di Sos Furrighesos (Anela-SS)*, in P. MELIS (ed.), *Studi in onore di Ercole Contu*, Sassari, Università degli Studi di Sassari, 61-71.
- TRUMP D.H. 2004, *Malta. Prehistory and temples*, Sta. Venera, Malta's Living Heritage, Midsea Books Ltd.
- VICENT GARCÍA J.M., MONTERO RUIZ I., RODRÍGUEZ ALCALDE A.L., MARTÍNEZ NAVARRETE M.I., CHAPA BRUNET T. 1996, *Aplicación de la imagen multiespectral al estudio y conservación del arte rupestre postpaleolítico*, «Trabajos de Prehistoria», 53, 2, 19-35.

ABSTRACT

The *domus de janas* are the typical rock-cut tombs of Sardinian Late Prehistory. Many of them are decorated. Motifs are made with different techniques: painting, sculpture and incision. Architectural elements, busts, cattle and sheep, and horn-shaped features are represented. Painting is generally used to decorate the ceilings, the jambs of doors, walls and false doors. The difficulty of detecting traces of paint complicates the identification of the ancient use of this decorative technique. The aim of this work is to describe the great utility of the plugin DStretch, extension of the ImageJ software, as a method of computer analysis and processing of multispectral images on the paint traces at the sides of the Perdonighéddu *domus de janas* (Sorgono, NU, Sardinia, Italy). This system opens up new perspectives in the study of the paintings found in the *domus de janas*, by allowing a crisper image of the decoration, through an alteration of digital photography chromatic scale. The analysis of the images of this grave reveals the presence of traces of painting that decorate the sides of the entrance by forming two doorposts supporting the lintel.