

TESTARE SUL CAMPO LA LEAST COST PATH ANALYSIS: RIFLESSIONI INTORNO AI PAESAGGI DELL'ETÀ DEL BRONZO DELLA SARDEGNA CENTRO-MERIDIONALE (ITALIA)

1. INTRODUZIONE

Da circa dieci anni il gruppo di ricerca, afferente alla Cattedra di Preistoria e Protostoria dell'Università di Cagliari, formatosi per studiare in un'ottica interdisciplinare il paesaggio archeologico nuragico, ha cercato di portare avanti nuovi metodi per la lettura e l'interpretazione delle dinamiche di insediamento delle comunità dell'età del Bronzo della Sardegna, periodo in cui si può osservare il manifestarsi della civiltà nuragica, tra il Bronzo Medio e la I età del Ferro (dal XVIII al VI sec. BC) (UGAS 2014; MORAVETTI 2015). In questo contributo è stata condotta un'analisi predittiva con l'obiettivo di chiarire gli aspetti legati al movimento all'interno del rapporto uomo-territorio di età protostorica. L'indagine è stata realizzata in un territorio campione tramite analisi Least-Cost Path (LCPA) effettuate in ambiente GIS; su alcuni dei 35 percorsi risultati è stata poi attuata una campagna di verifica sul campo di alcune direttrici risultanti dalle analisi Least Cost e se ne presentano in questa sede i risultati.

Per definire il paesaggio di pertinenza delle comunità protostoriche dell'area oggetto di studio, si sono prese in considerazione componenti fisiche e documentarie: le caratteristiche geomorfologiche; quelle geologiche, connesse ai depositi derivanti dalle azioni secolari del reticolo idrografico; le emergenze archeologiche, punti di partenza e di arrivo delle direttrici di movimento nello spazio e funzionali alla presa di possesso di un dato territorio. La regione Monte Arci-Nord Marmilla ci è sembrata un caso studio interessante in quanto non vi erano ancora stati effettuati studi specifici di analisi territoriale.

Il settore oggetto di indagine, comprendente gran parte dell'attuale Provincia di Oristano (Sardegna centro-meridionale), è caratterizzato dalla presenza del Monte Arci, vero cuore dell'area indagata, rilievo vulcanico noto nella letteratura archeologica in quanto luogo di origine dell'ossidiana sarda, utilizzata nell'isola, ma anche nell'Europa continentale per tutto il periodo preistorico (LUGLIÈ 2020). La sua attività magmatica ebbe luogo alla fine dell'Era Terziaria, nel Pliocene (3,8-2,6 milioni di anni). Si ha poi la regione storica denominata Alta Marmilla, caratterizzata essenzialmente da sedimenti marini del Miocene inferiore e medio (21-15 milioni di anni). Tale areale, situato ad E del Monte Arci, è contraddistinto da un sistema di colline dalle forme dolci che si raccordano con le forme più ripide tipiche della montagna

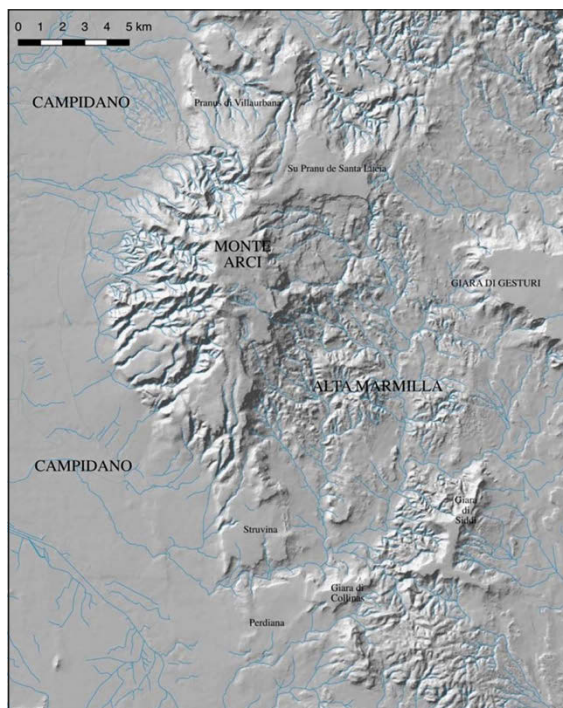


Fig. 1 – Mappa con base hillshade e reticolo idrografico dell'area di studio.



Fig. 2 – Vista dalle colline dell'Alta Marmilla in cui è situato il Nuraghe Proclis-Gonnostramatza verso Mogoro; sullo sfondo il Campidano.

e con le caratteristiche “giare”, altipiani basaltici di diversa estensione dal caratteristico profilo tabulare. Ad O, infine, una parte della pianura del Campidano, nel settore compreso tra Mogoro e Oristano, caratterizzata da un ambiente pianeggiante o con pendenze variabili, confinante con il Monte Arci. Con la valutazione di questi parametri, senz’altro implementabili in futuro, è stato possibile avanzare ipotesi sulle tendenze generali del movimento attraverso questo territorio (Figg. 1-2).

2. METODOLOGIA

Il record archeologico dell’età del Bronzo in quest’area mostra numerosissime manifestazioni monumentali, spesso di imponenti dimensioni, quali nuraghi semplici, caratterizzati da singole torri, nuraghi di tipo complesso, costituiti da torri plurime, a volte in connessione con coeve strutture capannicole, nelle più svariate forme e configurazioni (dal Bronzo Medio agli inizi del Bronzo Finale) (LILLIU 1982; DEPALMAS 2015). Abbiamo inoltre villaggi sviluppatisi anche in fasi successive (Bronzo Finale-I Ferro) attorno a nuraghi semplici o complessi, ma anche ubicati in aree senza nuraghe di riferimento. Sono poi presenti varie tombe collettive di carattere monumentale, dette tombe di giganti (Bronzo Medio-Recente). Si hanno, infine, altre strutture di età nuragica, quali pozzi e fonti di carattere sacro, tradizionalmente legate a culti che prevedevano l’utilizzo delle acque, presenti anche all’interno di santuari (Bronzo Finale-I Ferro).

La strategia utilizzata per questo tipo di analisi è stata quella di collegare i siti ai margini dell’area di studio al fine di valutare, attraversando l’area con i percorsi Least Cost, la vicinanza dei siti ai tratti risultanti dall’analisi. Scopo di questa applicazione è stato quello di individuare l’insistenza di siti nuragici in punti strategici o aree di passaggio presenti nell’area indagata, in modo da mettere in relazione le strutture nuragiche con le principali vie di movimento attraverso il territorio oggetto di studio. Lo strumento principale per realizzare questa applicazione in ambiente GIS è il modello della superficie dei costi. Calibrare un buon sistema di valori all’interno di un modello di superficie di costo è a nostro avviso la chiave per un’analisi che sia quanto più rapportabile al comportamento di un gruppo umano nei confronti della mobilità in un territorio campione. L’analisi si basa, dunque, su un modello di costo (Fig. 3) creato grazie a strumenti geografici digitali reperibili nelle raccolte cartografiche della Regione Sardegna (<http://www.sardegnaeoportale.it>): i database relativi alle caratteristiche geologiche dell’area, estrapolati dal database multiprecisione (DBMP), e il DTM - Modello Digitale del Terreno, la rappresentazione della distribuzione delle curve di livello e dei punti quotati del territorio in formato digitale. I siti, oggetto di ricognizione, sono stati implementati in un database e rappresentati nel GIS mediante un

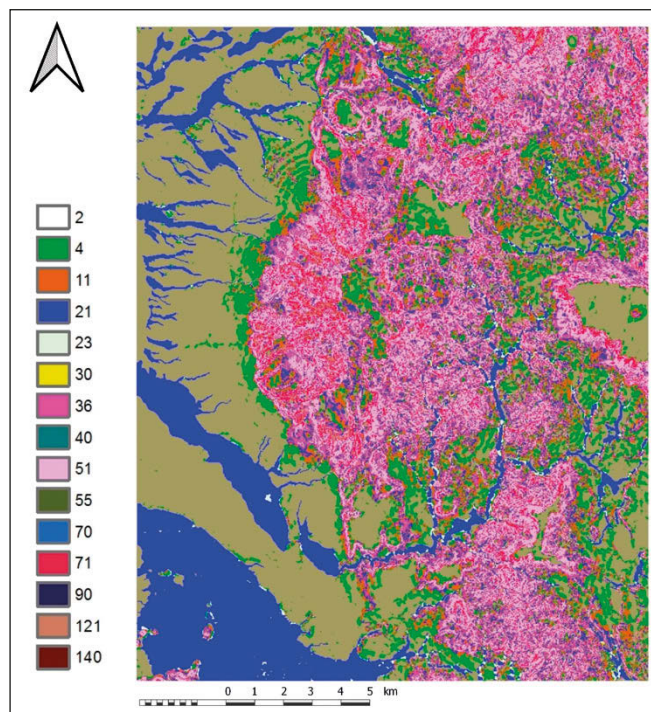


Fig. 3 – Cost Surface Model utilizzato per le analisi GIS e relativa scala di valori.

tematismo vettoriale puntuale relativo ai siti oggetto di studio. Si è creato un modello di costo (WHEATLEY, GILLINGS 2002; CONOLLY, LAKE 2006) finalizzato all'analisi dei costi di percorrenza che ha tenuto conto della somma di queste componenti:

- DTM passo 10 m. Dal DTM si è poi generata la carta delle pendenze, mediante la funzione slope. I valori relativi alla pendenza sono stati poi ri-classificati (reclass) in base ai vari gradi di pendenza.
- Idrografia. Il reticolo idrografico è stato preso in considerazione mediante gli areali, estrapolati dalla carta geologica, caratterizzati dai sedimenti alluvionali prodotti dai corsi d'acqua della zona campione.

A questi è stato assegnato un valore all'interno del modello di costi di percorrenza; sono poi confluiti in un unico shape poli-areale (merge) e poi convertiti in formato raster (vector to raster) con l'assegnazione (reclass) del costo di percorrenza. Ai sedimenti alluvionali sono stati assegnati valori equivalenti all'intervallo di pendenza tra 10 e 14 gradi. Nel nostro modello queste

zone sono state considerate con un peso rilevante nella scala di difficoltà di percorrenza, perché soggette a inondazioni e sicuramente evitate nelle scelte insediamentali a carattere stanziale (CABRAS 2018). Molti di questi settori risultano coincidenti con fondi di vallate, generalmente evitati nei sistemi di viabilità basata sulle forme del terreno, proprio a causa del rischio idrogeologico.

I raster relativi alla pendenza e ai sedimenti alluvionali, riclassificati secondo i valori assegnati, sono stati semplicemente sommati mediante map algebra (raster calculator). Il modello di costo (cost surface model) è scaturito dunque dalla somma di queste due variabili (cfr. ad es. VAN LEUSEN 2002; PECERE 2006; FABREGA Álvarez, PARCERO OUBIÑA 2007; LLOBERA, FÁBREGA-ÁLVAREZ, PARCERO-OUBIÑA 2011). Gli algoritmi di tipologia Cost permettono di calcolare il costo energetico speso da un individuo per muoversi nello spazio. Il modello ha costituito la base per considerare le direttrici di minimo sforzo che, collegando rilevanti insediamenti anche tra i più esterni all'areale di studio, hanno permesso di osservare l'attraversamento dell'area oggetto di studio e conseguentemente di valutare il rapporto con il record monumentale. Per tale analisi, tutti gli insediamenti di età nuragica sono stati considerati come contemporaneamente esistenti tra il Bronzo Medio e il Bronzo Recente.

La scelta dei collegamenti tra siti è stata orientata su questi obiettivi: valutare quali potevano essere i percorsi a minor costo di percorrenza per collegare siti in cui doveva essere possibile attraversare le aree a quote maggiori del massiccio del Monte Arci, viste le ovvie difficoltà di percorrenza a causa delle caratteristiche orografiche; attraversare l'area di studio nelle varie direzioni cardinali; valutare se i siti ubicati sui bordi delle giare avessero una relazione coi percorsi a minimo costo di percorrenza.

Un'ulteriore fase del lavoro è consistita nel verificare sul campo alcuni di questi percorsi tramite percorrenza pedissequa sul campo di parti o di interi percorsi (Fig. 4). Il team sul campo ha verificato la possibilità della percorrenza che attualmente era ovviamente viziata dagli elementi che condizionano la mobilità nel territorio, quali recinzioni, vegetazione e proprietà. Sono state valutate la possibilità, o meno, della percorrenza, nonché il suo grado di difficoltà sulla base di 4 classi: 4) impossibile; 3) difficile ma possibile; 2) semplice ma con importante dispendio energetico; 1) semplice. Per tutte queste classi è stata ricercata la possibilità di nuovi rinvenimenti (ceramici, litici, strutture?) con la disposizione della squadra di ricognitori in forma sparsa lungo il settore territoriale adiacente al percorso risultante dalle analisi GIS.

3. RISULTATI

Come primo aspetto si commentano i risultati della fase di analisi tramite GIS: il reticolo risultante di 35 percorsi (Fig. 4) appare più rarefatto in prossimità delle quote e delle pendenze superiori, in prossimità dell'Arci. Il

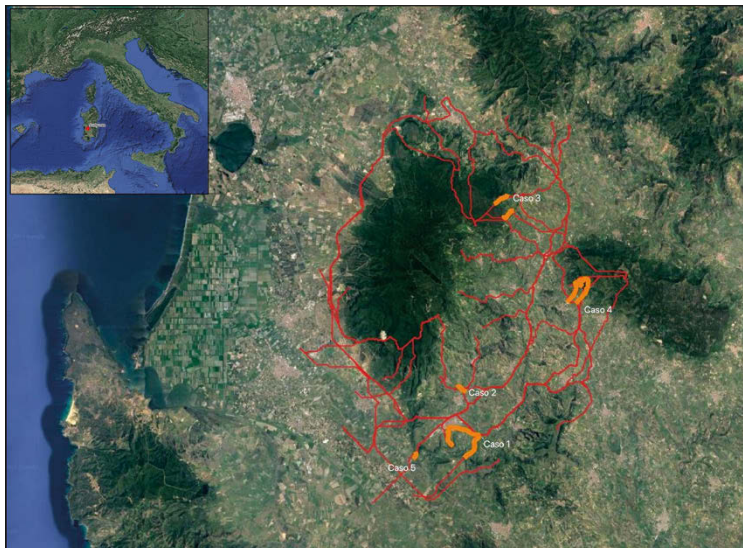


Fig. 4 – Mappa dell’area di studio con i percorsi risultanti e l’ubicazione dei 5 casi verificati sul campo.

percorso è più semplice, invece, in prossimità delle valli che dal Campidano conducono verso le aree interne della zona di studio. I percorsi evitano la scalata ai pianori con dislivelli troppo accentuati privilegiando a N l’altopiano di Santa Lucia (Usellus), a S quelli di Perdiana e Struvina (Mogoro), ad E la Giara (cd. di Gesturi). Nelle aree collinari i percorsi seguono l’andamento delle fasce più dolci. Per quanto riguarda l’attraversamento del Monte Arci, si è notato come si privilegino le località vicine alle strette valli o canali più agevolmente percorribili. La tendenza che sembra essere predominante è quella che in prossimità di queste ultime i monumenti controllino dall’alto, e visivamente, i percorsi e le aree ad essi limitrofe spesso tramite coppie o terne di nuraghi semplici o anche da gruppi di nuraghi complessi. L’ubicazione dei monumenti allo sbocco delle valli di penetrazione alla piana campidanese non sembra un fattore sistematico ma è sicuramente ricorrente.

Per quanto riguarda la parte meridionale dell’area di studio, risaltano casistiche interessanti: è infatti sorprendente il numero di monumenti che vengono quasi a contatto dei percorsi accompagnandone lo sviluppo. Si nota un modello di comportamento abbastanza frequente, con certi siti vicini ai percorsi e altri che li controllano dai punti alti. Un’altra casistica interessante è quella dei monumenti ubicati in prossimità degli accessi ai tavolati basaltici (giare) o che fungono quasi da checkpoint lungo i versanti più propizi per l’accesso. È il caso del Nuraghe Mialis e del sito pluristratificato di Santa



Fig. 5 – Il Nuraghe Santa Lucia di Usellus, lungo uno dei percorsi indagati.

Lucia, entrambi presso Usellus, del Nuraghe Cuccurada di Mogoro nonché di diversi siti presso la giara di Gesturi, siti che sono stati oggetto della verifica sul campo.

Per quanto riguarda, invece, la fase sperimentale sul campo, l'analisi ha fornito interessanti spunti di riflessione. Il primo caso di studio è stato condotto nella piana del rio Mannu/Mogoro presso Gonnostramatza e Mogoro. Il grado medio è stato di 2,5, considerato facile in termini di dispendio energetico, ma non molto semplice per via della vegetazione e delle recinzioni. Qui è stato possibile rinvenire resti murari riconducibili ad un probabile nuraghe oggi pesantemente rimaneggiato (Loc. Turriga presso Gonnostramatza). Il rapporto tra il percorso LCPA e un nuovo sito continuerebbe a suggerire lo stretto rapporto tra mobilità e insediamento per questa regione. Si è dunque evidenziata una sostanziale identità tra il percorso ipotizzato e quello realmente percorribile.

Il secondo caso, applicato su una zona pianeggiante/leggermente ondulata nei pressi di Masullas, ha presentato una percorrenza molto semplice ma la difficoltà nella ricerca di un punto di guado lungo un corso d'acqua. I punti di guado sono un argomento di interesse in quanto è difficile trovare ponti edificati di età nuragica (FOSCHI NIEDDU 2008; SERRA 2008), che quindi erano probabilmente realizzati in strutture lignee (grado 2,5). Anche in questo caso il percorso non si discostava di tanto da quello risultante dalle analisi GIS.

Nel terzo caso sono stati analizzati due percorsi, a breve distanza, ed è il caso studio dedicato alle aree di contatto con i bordi degli altipiani basaltici. Il primo percorso (grado 3), presso la Scala Argentu, ha permesso di raggiungere l'altopiano di Santa Lucia, seppur con importante dispendio fisico, dimostrando la possibilità di accedere al pianoro mediante il percorso risultato dalle LCPA. Il

secondo percorso di questo terzo caso è stato portato avanti nei pressi dell'area archeologica di Santa Lucia-Usellus (Fig. 5), nei pressi dell'insediamento di età romana *Colonia Iulia Uselis* (USAI, ZUCCA 1986), evidenziando un dispendio energetico importante ma una percorrenza sostanzialmente facile (grado 2,5), che ricalca sostanzialmente il percorso ipotizzato dal software.

Il quarto caso, portato avanti nei pressi dell'area archeologica di Bruncu Suergiu-Gonnosnò ha evidenziato grado 4, ovvero impossibilità di raggiungere l'altopiano lungo la LCPA, ma solo attraverso la strada moderna, che passa poco più ad O sfruttando gradualmente l'andamento delle curve di livello. Peraltro, tale impossibilità è probabilmente voluta dalle popolazioni che frequentavano il sito, costituendo di per sé stessa un elemento di difesa del sito dell'età del Bronzo. Il quinto caso, presso Cuccurada-Mogoro, ha evidenziato grado 3 in quanto la percorrenza è risultata non troppo difficile in termini di dispendio energetico, ma attualmente difficoltosa a causa della vegetazione e delle recinzioni; tuttavia la strada antecedente la rete viaria moderna, utilizzata sino al XX secolo, ha seguito esattamente il percorso di prova.

4. CONCLUSIONI

Sulle varie LCPA indagate è stato possibile valutare la percorribilità in maniera positiva, anche in corrispondenza di pendenze impegnative per il team che le percorreva. Nella nostra opinione, diversi sentieri si sarebbero potuti percorrere, seppur con grande impegno, anche mediante un carro trainato da forza animale. Un'analisi di questo tipo aiuta certamente a stimolare il ragionamento sulle tipologie di mobilità che potevano mettersi in atto nell'antichità con carri trainati da animali, individui che si muovevano a piedi, individui che montavano direttamente un animale, e sulle possibilità di utilizzare diverse modalità di trasporto in relazione all'obiettivo del movimento e alle diverse aree e conformazioni orografiche del territorio, condizionamenti importanti, seppur non limitanti, per ogni attività.

Infine, non è stato possibile seguire il percorso a Bruncu Suergiu (caso 4, Fig. 4). Un aspetto che ci sembra importante segnalare, riguardo a questo caso, è che le LCPA sembrano affrontare direttamente la scalata di tratti a forte pendenza o anche con dei salti di quota notevoli, talvolta irraggiungibili se non tramite una scalata, al fine di limitare il dispendio energetico rispetto alla ricerca di tratti più agevoli, anche distanti che, con pendenze più dolci, potrebbero favorire il raggiungimento dell'altopiano. Questo comportamento si rileva infatti nei tratti relativi alla scalata sugli altopiani basaltici e sembrerebbe potersi ricondurre maggiormente ad una percorrenza del territorio a piedi, con la possibilità di scalata/arrampicata da parte dell'individuo che attraversa il tratto interessato. Il percorso alternativo alla ricerca di punti di accesso più agevoli potrebbe essere più adeguato alla percorrenza carrabile.

A tal proposito, questa difficoltà nel ricercare accessi più agevoli dipenderebbe anche dai valori utilizzati per calibrare il modello di costo, troppo bassi forse quelli assegnati dagli scriventi alle pendenze massime del modello (Fig. 3). L'affrontare direttamente la falesia, a nostro avviso, è indice di difficoltà di accesso lungo buona parte del bordo della giara, perché il GIS preferisce operare in forma diretta e lineare piuttosto che andare alla ricerca di un altro punto di accesso vicino, che sarebbe comunque di difficile raggiungimento, rendendo l'operazione più dispendiosa in termini di spesa energetica.

L'impressione generale che scaturisce da questa applicazione sul campo è che le LCPA non possano ricondursi, ovviamente, a manufatti stradali reali – che non è stato, ed a nostro avviso non sarà, possibile individuare sul campo, almeno per quanto riguarda la Sardegna – ma che invece siano utili a delineare quantomeno le tendenze generali relative al movimento in queste regioni interne dell'isola. Questo aspetto risulterebbe interessante anche grazie ad alcuni nuovi rinvenimenti di strutture e di materiali in dispersione lungo i tracciati indagati. Tale esito ci risulta ben più credibile ed avvalorato, secondo chi scrive, seppur ridimensionandola in termini di precisione, la tipologia d'analisi che ne è risultata. Sarà importante poi proseguire le campagne di ricognizione sul campo in quanto sempre foriere di nuovi dati e spunti per la ricerca archeologica territoriale.

MARCO CABRAS, CRISTINA CONCU, PAOLO FRONGIA
MU.NU., Museo della Civiltà Nuragica di Villa Verde (OR)
marcocabras@hotmail.it, cristi.concu@gmail.com, paolofron@gmail.com

RICCARDO CICILLONI
Dipartimento di Lettere, Lingue e Beni Culturali
Università degli Studi di Cagliari
r.cicilloni@unica.it

BIBLIOGRAFIA

- CABRAS M. 2018, *Patrones de asentamiento de la Edad del Bronce en el Monte Arci y alta Marmilla, Cerdeña centro occidental*, PhD Thesis, Granada, Universidad de Granada.
- CONOLLY J., LAKE M. 2006, *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- DEPALMAS A. 2015, *I Nuraghi. Le torri dell'isola*, in MINOJA, SALIS, USAI 2015, 76-83.
- FABREGA ÁLVAREZ F., PARCERO OUBIÑA C. 2007, *Proposals for an archaeological analysis of pathways and movement*, «Archeologia e Calcolatori», 18, 121-140 (http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF18/7_Fabrega.pdf).
- FOSCHI NIEDDU A. 2008, *Il ponte nuragico di Sas Bogadas. Birori (Nuoro)*, in SANTONI, BACCO 2008, 671-676.
- LILLIU G. 1982, *La civiltà nuragica*, Sassari, Carlo Delfino Editore.
- LOBERA M., FÁBREGA-ÁLVAREZ P., PARCERO-OUBIÑA C. 2011, *Order in movement. A GIS approach to accessibility*, «Journal of Archaeological Science», 38, 843-851.

- LUGLIÈ C. 2020, *Il vetro nero e la sorgente del Monte Arci*, in T. COSSU, C. LUGLIÈ (eds.), *La preistoria della Sardegna. Il tempo delle comunità umane dal X al II millennio a.C.*, Nuoro, Ilisso Edizioni, 73-75.
- MINOJA M., SALIS G., USAI L. (eds.) 2015, *L'isola delle torri. Giovanni Lilliu e la Sardegna nuragica*, Sassari, Carlo Delfino Editore.
- MORAVETTI A. 2015, *Appunti sulla civiltà nuragica*, in MINOJA, SALIS, USAI 2015, 37-57.
- PECERE B. 2006, *Viewshed e Cost Surface Analyses per uno studio dei sistemi insediativi antichi: il caso della Daunia tra X e VI secolo a.C.*, «Archeologia e Calcolatori», 17, 177-213 (http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF17/11_Pecere.pdf).
- SANTONI V., BACCO G. (eds.) 2008, *La civiltà nuragica. Nuove acquisizioni. II, Atti del Convegno (Senorbì 2000)*, Quartu S. Elena, Prestampa
- SERRA P.B. 2008, *Su un ponte nuragico a Desulo e sugli insediamenti tardo-romani e altomedievali di ambito rurale nell'isola*, in SANTONI, BACCO 2008, 729-746.
- UGAS G. 2014, *La Sardegna nuragica. Aspetti generali*, in A. MORAVETTI, E. ALBA, L. FODDAI (eds.), *La Sardegna nuragica. Storia e materiali*, Sassari, Carlo Delfino Editore, 11-34.
- USAI E., ZUCCA R. 1986, *Colonia Iulia Augusta Uselis*, «Studi Sardi», 26, 303-345.
- VAN LEUSEN M.P. 2002, *Pattern to Process: Methodological Investigations into the Formation and Interpretation of Spatial Patterns on Archaeological Landscapes*, PhD Dissertation, University of Groningen.
- WHEATLEY D., GILLINGS M. 2002, *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Applications of GIS*, New York, Taylor&Francis.

ABSTRACT

For about ten years this research team has been experimenting with techniques of spatial and visual perceptual analysis using GIS on the Nuragic landscapes (Middle and Late Bronze Age) of different areas of Southern Sardinia. Over time, various field campaigns have been developed on the monumental complexes built by the Nuragic communities. Towers, fortresses, villages, tombs of giants and sacred wells suggest a marked attention to the display of a message of power, strength and monumentality by the human group studied. An aspect often emphasized by these researches is the relationship of monuments with mobility and with the routes and strategic points of the territory, often verified through matches of different Least Coast Path Analyses (LCPA) that cross the territory by connecting different patterns of points. However, the real efficiency of the paths predicted by the GIS has never been directly tested on the ground. The paper presents the result of field analyses conducted by our group of archaeologists on the paths resulting from the GIS analysis in the Marmilla territories: travel times, energy expenditure and the real possibility of a path to actually cross a given territory are provided. Working with the LCPAs is still to be explored, however it remains a valid tool for territorial research, if an analysis unrelated to preconceptions and with a holistic evidence framework is carried out.