

## Distanze euclidee e superfici di costo in ambiente montano: applicazione di Grass e R a diversa scala in ambito trentino

### Abstract

The first archaeological spatial analyses were bidimensional and they didn't take into account the environmental and morphological characteristics that might influence the length of paths or the spatial relationships between features. This approach is particularly misleading in a mountain environment where the difference in altitude between two points in the landscape is more constrictive than the "air distance". Though the current technological means allow us to deal with these methodological issues, there are still a lot of studies that calculate the distance between two features as the simple minimum distance between two points. In this paper two archaeological case studies from Trentino province are proposed, in order to verify if the linear distances are so misleading in an Alpine environment, as previously suggested. The first one is a medium-scale case study (the whole Trentino), where the linear distances from locations have been compared with the least cost paths. The second one is a big-scale case study (Val di Fiemme), where the linear distances and the morphology-calibrated distances between upland pastoral sites (*malghe*) and upland lakes have been statistically evaluated. These two examples have confirmed that, in a mountain environment (and at regional scale), the interpretation of movements and spatial relationships in an "euclidean" framework is fundamentally incorrect. Therefore, they suggest that the cost-surface estimation of a sample area is an unavoidable step for the interpretation of mobility and settlement strategies in the Alps.

### 1. Inquadramento generale

L'archeologia spaziale nasce bidimensionale. La consapevolezza che la relazione tra un sito e una o più risorse territoriali, o tra lo stesso sito e altri siti circostanti, siano fattori importanti per comprendere la funzione del sito stesso, sorgono inizialmente dall'osservazione di semplici carte tematiche e di distribuzione. Alcune tra le primissime analisi spaziali quantitative applicate in archeologia, come i poligoni di Thiessen<sup>1</sup> o la *site catchment analysis*<sup>2</sup> erano rappresentate da geometrie create in modo piuttosto intuitivo che racchiudevano idealmente territori equivalenti in un sistema bidimensionale. Vi era, però, già la consapevolezza di come tali metodologie fossero delle astrazioni che non tenevano conto delle peculiarità della morfologia, dell'idrografia e dell'ecosistema locale. Si tentò, quindi, di impostare delle analisi basate sulla spesa energetica, che potessero rendere effettivamente più realistica e meno arbitraria la rappresentazione del territorio<sup>3</sup>. L'evoluzione tecnica dei *software* e degli *hardware* favorì questo processo di miglioramento della qualità degli studi spaziali, cosicché oggi ogni utente ha la possibilità di gestire una mole di dati spaziali o tematici incommensurabile rispetto al passato e questo va a vantaggio della

<sup>1</sup> CLARKE 1968; CUNLIFFE 1971.

<sup>2</sup> VITA FINZI-HIGGS 1970; HIGGS-VITA FINZI 1972.

<sup>3</sup> FOLEY 1977; GAFFNEY-STANCIC 1991.

qualità dell'analisi, favorendo un maggior dettaglio e una maggiore precisione.

Nonostante ciò, in molti studi di archeologia e di discipline a essa afferenti, le relazioni spaziali sono ancora valutate su base bidimensionale. La distanza tra i siti è vista ancora come semplicistica distanza lineare (in linea d'aria, a volo d'uccello), mentre la raggiungibilità o disponibilità di una risorsa è concepita come la semplice lontananza di questa da un certo luogo. Infatti, se cerchiamo di applicare alla nostra esperienza l'assunto "minor distanza = minor fatica", in molti casi dobbiamo subito ricrederci. In primo luogo, il percorso tra due siti può essere condizionato da passaggi obbligati, come vette, passi, selle o gole che dirigono la percorribilità facendole perdere le sue caratteristiche di astratta linearità. In secondo luogo, se una risorsa è presente in quota (versante, cresta, vetta o altipiano), il dislivello e non la distanza (né tantomeno la distanza euclidea) sarà il dato determinante per comprenderne l'accessibilità dalle aree limitrofe. Il territorio montano più di qualunque altro costituisce quindi un ambiente particolare, dove le caratteristiche morfologiche condizionano da sempre la mobilità delle comunità che lo abitano e lo percorrono. Se in pianura, infatti, le costrizioni (dall'idrografia alle caratteristiche del suolo) sono meno determinanti, in montagna la morfologia svolge un ruolo imprescindibile nelle strategie di movimento.

Queste considerazioni sulla differenza tra pianura e montagna possono essere lette come una estremizzazione del ragionamento per comprendere l'importanza delle costrizioni naturali nell'analisi spaziale, non solo al fine di rendere quest'ultima più precisa ma soprattutto per evitare degli artefatti teorici e la generazione di informazioni imprecise se non addirittura erronee e fuorvianti. I casi studio che saranno presentati di seguito ci dimostreranno, infatti, attraverso la comparazione tra analisi spaziali bidimensionali e altre che prendono in considerazione le caratteristiche morfologiche, come non sia possibile interpretare le dinamiche territoriali in montagna senza considerarne la morfologia.

## **2. I casi studio**

### **2.1. Piccola-media scala: BIOSTRE**

Il progetto "Biodiversità e Storia delle Popolazioni del Trentino" (BioSTre; <http://laboratoriobagolini.it/ricerca/progetti/biostre/>), condotto dalla dott.ssa Valentina Coia e finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento, è il primo studio genetico capillare delle popolazioni della Provincia di Trento. Attraverso l'integrazione dei dati genetici con quelli archeologici, linguistici e storici, contribuisce alla comprensione della storia del Trentino e della relazione tra la biodiversità umana e i fattori geografici e culturali della provincia.

La ricerca ha analizzato la variabilità genetica delle popolazioni attuali di diverse culture e provenienza geografica, a livello di diversi marcatori genetici (DNA mitocondriale, cromosoma Y e autosomici). Il progetto ha studiato, inoltre, la variabilità genetica umana antica attraverso l'analisi del DNA antico di resti scheletrici umani riferibili al Neolitico medio.

L'obiettivo che lo studio si proponeva era, da una parte, definire le relazioni genetiche tra popolazioni di diversa cultura, lingua e provenienza geografica, dall'altra contribuire alla ricostruzione dei processi di popolamento del Trentino, attraverso il confronto tra le caratteristiche genetiche attuali e quelle del DNA antico<sup>4</sup>.

#### **2.1.1. Le distanze negli studi di genetica**

Ancora oggi negli studi di genetica lo spazio viene immaginato come una tavola

<sup>4</sup> COIA *et alii* c.s.

piatta su cui vengono calcolate le distanze euclidee (*air distance*); tra le località di campionamento<sup>5</sup>. Secondo alcuni autori, facendo esplicito riferimento all'Europa, queste si avvicinerebbero alle distanze calcolate su percorsi reali (*road distance*)<sup>6</sup>.

Altri preferiscono, invece, pensare alla terra approssimata a una sfera e calcolano nella distanza anche la curvatura del solido (*great circle distance*)<sup>7</sup>, un metodo più accurato ma che non tiene in considerazione le barriere geografiche né quelle culturali. La correlazione tra le matrici delle distanze genetiche e quelle geografiche viene di norma testata statisticamente attraverso il test di Mantel<sup>8</sup>.

Gli studi più recenti verificano la significatività attraverso l'autocorrelazione spaziale o metodi di regressione, ma anche in questo caso la morfologia non è contemplata<sup>9</sup>. Alcuni lavori possono essere più interessanti perché mettono a confronto le distanze genetiche con le vie commerciali ovvero con percorsi diversi da quelli rettilinei<sup>10</sup>.

Negli studi sopra citati si può forse giustificare la scarsa considerazione per la conformazione morfologica del territorio con la scala continentale o addirittura mondiale degli studi, dove le variabili geografiche, culturali e temporali sono talmente varie e così poco controllabili che diventa pressoché impossibile tenerne conto. Nonostante ciò Handley e colleghi evidenziano la ricaduta che un approccio geografico può avere negli studi di genetica, anche su quelli svolti a piccola scala<sup>11</sup>. Il caso citato rimane comunque pressoché isolato.

Il progetto BIOSTRE, riferendosi a una regione limitata, non poteva limitarsi a usare distanze euclidee perché, come dimostrato più avanti, troppo approssimative. A media scala, l'accessibilità dei luoghi non è data dalla sola lontananza ma da fattori che tengono conto perlomeno del percorso scelto e del dislivello; altri elementi sono meno controllabili e meno costanti nel tempo, come le vie e i mezzi di trasporto, la copertura forestale, il terreno.

A tal fine è stato calcolato il dispendio di energia da parte di ogni popolazione residente nel punto di campionamento per raggiungere il resto del territorio. Il risultato è una serie di superfici di accessibilità: ovvero una mappa *raster* a valori continui.

### **2.1.2. La costruzione delle superfici cumulative di costo e la creazione di percorsi di minimo costo tra le località di campionamento**

Lo scopo di questo lavoro è quello di individuare un parametro efficace per calcolare le distanze geografiche tra le diverse località di campionamento. In una regione caratterizzata da rilievi accentuati come il Trentino (fig. 1), infatti, non è sufficiente il calcolo delle interdistanze euclidee. La ricerca si è quindi indirizzata verso il riconoscimento di possibili percorsi sul territorio liberi dalle possibilità e dalle limitazioni legate ai mezzi di locomozione recenti e alle infrastrutture moderne (strade, ponti, gallerie, viadotti, ecc.) ma che contemplassero i tragitti a piedi più “comodi” (fig. 2).

La realizzazione dei percorsi si è quindi basata sulla morfologia del terreno: si sono privilegiati gli itinerari più facilmente percorribili da un punto di vista del dispendio energetico del viaggiatore (*minimum cost*), a discapito di quelli che collegano le diverse località tramite la distanza minore (*minimum distance*)<sup>12</sup>.

Le località sono state scelte come “località media di campionamento”, ovvero il

<sup>5</sup> CAVALLI SFORZA *et alii* 1994; SEMINO *et alii* 2000; MCDONALD 2004.

<sup>6</sup> CRUMPACKER *et alii* 1976; SIMONI *et alii* 2000.

<sup>7</sup> BARBUJANI *et alii* 1995; RAMACHANDRAN *et alii* 2005.

<sup>8</sup> MANTEL 1967.

<sup>9</sup> MANNI *et alii* 2004.

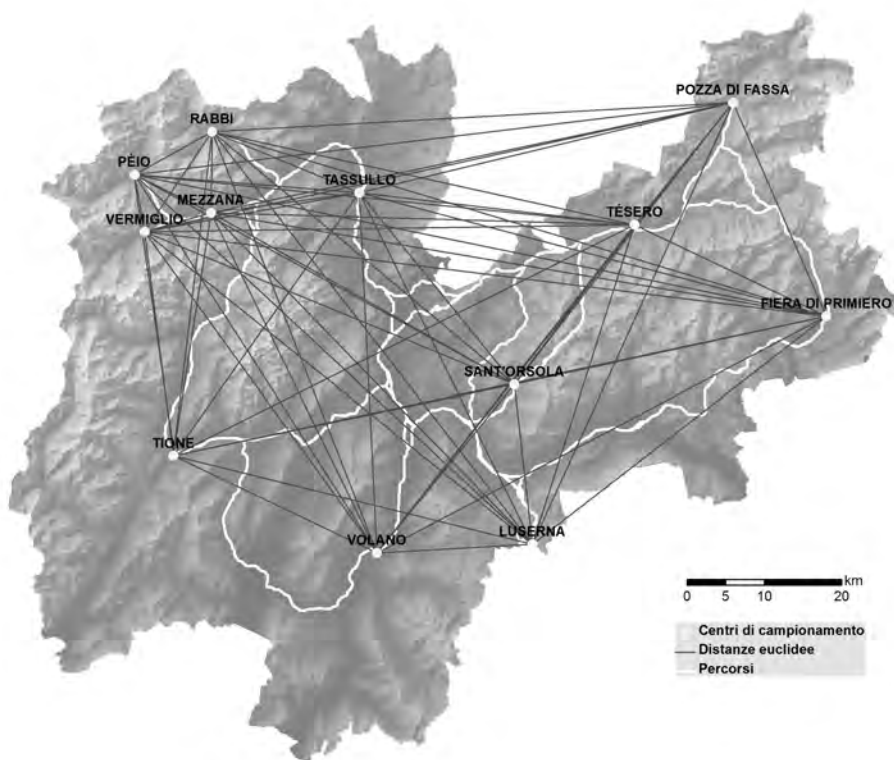
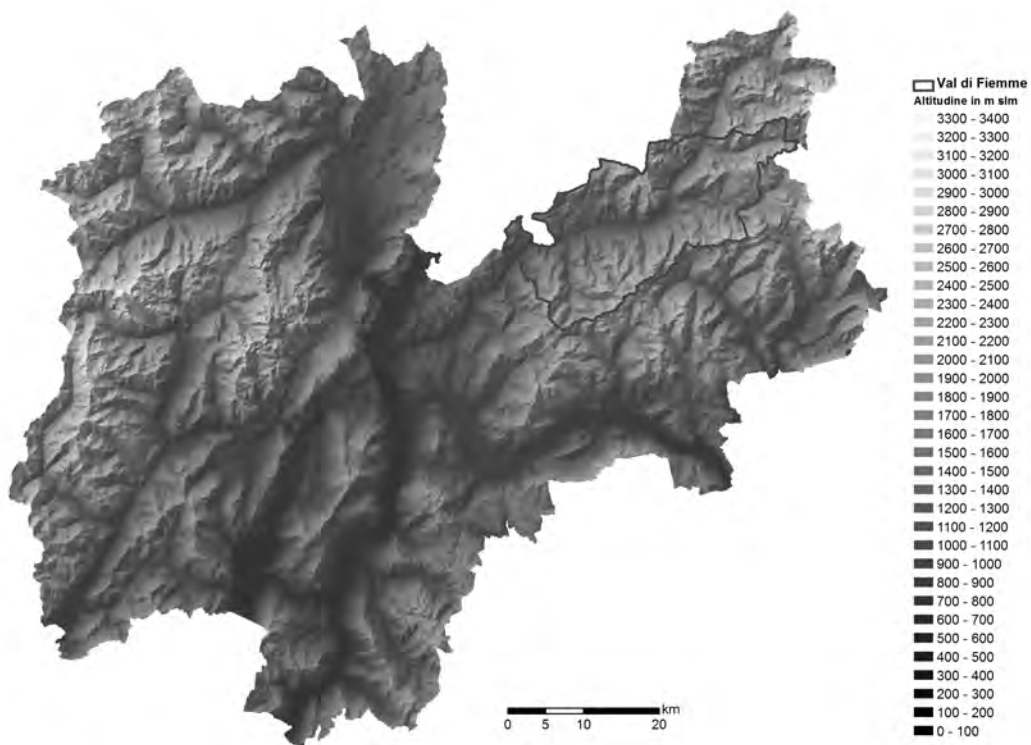
<sup>10</sup> GIULIANO *et alii* 2006.

<sup>11</sup> HANDLEY *et alii* 2007.

<sup>12</sup> NETLER-MITASOVA 2005, 167.

1. Modello del terreno della Provincia Autonoma di Trento. L'area delimitata corrisponde alla Val di Fiemme.

2. Distanze lineari e percorsi di minimo costo tra le località centrali dei campionamenti del progetto BIOSTRE.



luogo centrale per ogni area di campionamento effettiva, che ha visto invece un prelievo molto più capillare ed eseguito su individui provenienti anche dai dintorni della località centrale (ma sempre dalla stessa valle).

I passaggi tecnici di realizzazione nel sistema GRASS GIS hanno visto la creazione di una superficie di costo cumulativa per ogni luogo centrale di campionamento grazie all'algoritmo *r.walk* ([http://grass.fbk.eu/grass62/manuals/html62\\_user/r.walk.html](http://grass.fbk.eu/grass62/manuals/html62_user/r.walk.html)).

L'algoritmo modella il costo di spostamento da una cella di origine verso le altre attraverso una funzione cumulativa di diffusione: si tratta quindi di una superficie *raster* che restituisce un valore cumulativo di "difficoltà di raggiungimento" di ogni *pixel* della mappa, data una o più origini note: più ci si allontana dal punto e più è alto il valore attribuito.

È di fondamentale importanza considerare la morfologia come parametro di frizione, oltre alla distanza: più il versante è scosceso, maggiore è il costo nel percorrerlo. Il tragitto dovrebbe considerare anche il verso di percorrenza. Salire o scendere un versante non ha lo stesso costo. Non conoscendo nel nostro caso la direzione del percorso, abbiamo considerato queste superfici come isotropiche<sup>13</sup>.

La mappa di inclinazione dei versanti (*slope map*), creata sulla base del DTM con risoluzione a 40m della Provincia Autonoma di Trento, è stata assunta come parametro di frizione (*friction*). Sulla base di questa cartografia si sono creati i possibili percorsi di minimo costo che congiungono tutte le località considerate per mezzo dell'algoritmo *r.drain* ([http://grass.fbk.eu/grass62/manuals/html62\\_user/r.drain.html](http://grass.fbk.eu/grass62/manuals/html62_user/r.drain.html))<sup>14</sup>. La mappa è stata creata e salvata in formato *raster*, quindi è stato necessario trasformare in vettoriale i vari segmenti di tragitto per poter unire gli itinerari e calcolarne poi la loro lunghezza in km. Infine è stata creata una matrice delle distanze dei percorsi.

### 2.1.3. Distanze euclidee VS percorsi

Se mettiamo a confronto le distanze lineari con i percorsi, le differenze risultano minime tra località vicine o comunicanti attraverso una valle rettilinea (ad es. Pejo - Mezzana o Pozza - Fiera di Primiero) e, com'è logico aspettarsi, emergono significative discrepanze quando il percorso si snoda tra valli tortuose (ad es. Pejo - Fiera di Primiero, Mezzana - Fiera di Primiero o Mezzana - Pozza). I trenta collegamenti considerano un solo percorso tra andata e ritorno e differiscono per un totale di quasi 864 km con i percorsi lineari; la differenza massima si registra tra Pejo e Fiera di Primiero; quella minima tra Pejo e Mezzana; la differenza media è di quasi 29 km. Questi valori sono da riferire a una superficie pari a 6.212 km<sup>2</sup>.

L'estrema variabilità nelle misurazioni non permette di valutare con facilità quanto la differenza tra i due tipi di percorso sia significativa. Per questo è necessaria una verifica statistica dei valori attraverso il test del Chi quadro<sup>15</sup>. Il risultato del test è  $\chi^2 = 37543.70$ . Per 65 gradi di libertà, proporzionali all'ampiezza del *set* di dati considerati, esso corrisponde a un valore di probabilità inferiore a  $2.2e^{-16}$  e quindi prossimo a 0. Avendo come ipotesi di partenza ( $H_0$ , ipotesi nulla) che le lunghezze dei percorsi e delle distanze lineari non siano molto diverse tra loro (ovvero che appartengano alla medesima popolazione statistica), il risultato del test attesta che c'è pressoché lo 0% di possibilità che tale ipotesi sia vera. Si può quindi rigettare l'ipotesi nulla ed essere certi che la lunghezza dei percorsi è significativamente diversa dalla lunghezza delle distanze lineari. L'analisi statistica dimostra che i collegamenti tra due o più località in area montana non corrispondono alle distanze euclidee tra tali località e che quindi, per valutarne realisticamente la vicinanza o lontananza, è sempre necessario considerare i percorsi di minimo costo.

<sup>13</sup> CONOLLY-LAKE 2006, 214.

<sup>14</sup> NETLER-MITASOVA 2005, 122.

<sup>15</sup> SHENNAN 1997, 104-115.

<b>Da - a</b>	<b>Dist. Percorso (least cost) (km)</b>	<b>Dist. Lineare (km)</b>	<b>differenza (km)</b>
Luserna - Fiera	64.148	48.134	16.014
Luserna - Tione	69.152	47.857	21.296
Luserna - Volano	46.079	20.142	25.937
Mezzana - Fiera	138.663	80.755	57.908
Mezzana - Luserna	93.180	59.728	33.453
Mezzana - Pozza	108.057	69.063	38.994
Mezzana - Rabbi	23.045	10.514	12.531
Mezzana - Sant'Orsola	82.168	45.126	37.042
Mezzana - Tassullo	30.017	19.358	10.659
Mezzana - Tesero	83.495	54.835	28.660
Mezzana - Volano	82.808	48.959	33.849
Peio - Fiera	151.634	91.420	<b>60.215</b>
Peio - Luserna	106.151	70.274	35.878
Peio - Mezzana	14.170	11.084	<b>3.087</b>
Peio - Pozza	121.028	78.059	42.969
Peio - Rabbi	36.016	11.525	24.492
Peio - Sant'Orsola	95.139	56.197	38.942
Peio - Tassullo	42.393	29.205	13.188
Peio - Tesero	96.466	65.065	31.401
Peio - Volano	97.211	58.135	39.076
Pozza - Fiera	35.995	30.216	5.778
Pozza - Luserna	87.279	62.804	24.475
Pozza - Volano	94.869	74.321	20.548
Rabbi - Fiera	140.443	83.003	57.440
Rabbi - Luserna	94.960	67.578	27.382
Rabbi - Pozza	109.837	67.520	42.317
Rabbi - Sant'Orsola	83.948	51.009	32.939
Rabbi - Tassullo	31.514	20.613	10.901
Rabbi - Tesero	66.485	55.977	10.509
Rabbi - Volano	84.588	58.533	26.055

## 2.2. Grande scala

Nella valutazione problematica della questione, si è inoltre ritenuto utile prendere in considerazione anche un caso studio a scala maggiore del precedente. Il fine era valutare la rispondenza delle variabilità notate in precedenza anche in un territorio più limitato, corrispondente a una comunità di valle di qualche centinaio di chilometri quadrati. L'area selezionata a questo fine è quella della Val di Fiemme.

### 2.2.1. Etnoarcheologia dei pastori della Val di Fiemme

Questo secondo caso studio prende le mosse dalla ricerca di uno dei due autori, che consiste nello studio delle strategie insediative stagionali dei pastori attuali in alta quota,

al fine di creare un modello locazionale per l'individuazione di siti archeologici pastorali<sup>16</sup>. L'area campione selezionata per questi studi è la Val di Fiemme (fig. 1), posta nel Trentino orientale, al confine col Veneto (a E) e con l'Alto Adige/Südtirol (a N)<sup>17</sup>. La prima parte delle analisi spaziali svolte per comprendere i criteri di locazione dei siti pastorali moderni (*malghe* o *casere*) è consistita nella creazione di alcuni supporti *raster* funzionali alla valutazione della relazione tra variabili ambientali e tendenze insediative. Tra gli attrattori locazionali selezionati vi erano anche i laghi alpini, elemento fondamentale del paesaggio d'alta quota della Val di Fiemme, nonché importante fonte idrica per uomini e animali. Quello che si è voluto verificare è se le *malghe* fossero disposte o meno in maniera casuale rispetto ai laghi alpini, ovvero se i laghi alpini fossero stati o meno un fattore importante nelle scelte insediative dei pastori. Nel farlo si è quindi tentata la sperimentazione metodologica dalla quale ha preso le mosse la presente ricerca.

### 2.2.2. Distanze dai laghi e validazione statistica

Dopo aver convertito il file vettoriale dei laghi (creato dall'ufficio cartografico della Provincia Autonoma di Trento) in file *raster* (con il comando `v.to.rast` di Grass)<sup>18</sup> è stata creata una mappa *raster* di distanze lineari dai laghi (`r.grow.distance`). A partire dal modello digitale del terreno (DTM) è stata invece estrapolata la pendenza dei versanti (`r.slope.aspect`)<sup>19</sup>, successivamente utilizzata come superficie di frizione per l'elaborazione di una mappa che riportasse il costo del movimento a partire dai laghi (`r.cost`)<sup>20</sup>. Si sono quindi interrogati i due *raster* in relazione alla posizione delle *malghe* e i dati sono stati importati in una colonna della tabella del *file* vettoriale delle *malghe* stesse (`v.what.rast`)<sup>21</sup>. Una volta svolti tali processi preliminari, i *file raster* di "distanza" e di "superficie di costo" e quello vettoriale delle *malghe* sono stati importati in R utilizzando la libreria `spgrass6` che consente l'importazione di *file* di Grass e la conseguente interoperabilità dei due *software*. Si è quindi valutato il modo migliore per verificare la casualità o meno della posizione delle *malghe* rispetto ai laghi alpini. Uno dei modi più efficaci è quello di confrontare le distribuzioni cumulative delle *malghe* e di un uguale campione di punti casuali (generati in Grass con `r.random`, utilizzati per interrogare i due *raster* e successivamente importati in R), utilizzando il test statistico non parametrico di Kolmogorov-Smirnov<sup>22</sup>, `ks.test` nel linguaggio di R. Esso restituisce un valore "p" che corrisponde alla probabilità che le due distribuzioni cumulative (*malghe* e punti casuali in questo caso) siano tratte dalla stessa popolazione statistica, ossia che le *malghe* siano distribuite casualmente rispetto ai laghi. Un buon valore probabilistico, generalmente, corrisponde a un "p" inferiore a 0.05, ovvero meno del 5% di probabilità che le due distribuzioni coincidano. Una volta valutata statisticamente la distanza lineare dai laghi e quella invece calibrata sulla morfologia, notiamo incredibilmente due risultati opposti. Nel caso della distanza euclidea abbiamo un valore  $p=0.04034$ , ovvero appena inferiore al succitato 5%; nel caso della superficie di costo abbiamo un valore  $p=0.3544$ , ovvero superiore al 35%! Nel primo caso possiamo rigettare l'ipotesi nulla (che i due campioni provengano dalla stessa popolazione), nel secondo no. Questo risultato ci indica quanto sia fuorviante una valutazione lega-

<sup>16</sup> CARRER 2012; CARRER c.s.

<sup>17</sup> La presente ricerca è parte integrante del progetto di Dottorato di Ricerca di Francesco Carrer, presso l'Università degli Studi di Trento, all'interno del Progetto APSAT (Provincia autonoma di Trento - Bando "Grandi progetti 2006". Delibera G.P. 2790/2006).

<sup>18</sup> NETLER-MITASOVA 2005, 147.

<sup>19</sup> NETLER-MITASOVA 2005, 226.

<sup>20</sup> NETLER-MITASOVA 2005, 121-123.

<sup>21</sup> NETLER - MITASOVA 2005, 142.

<sup>22</sup> FLETCHER-LOCK 1991, 100-102; CONOLLY-LAKE 2006, 130-133.

ta alla semplice distanza lineare, la quale avrebbe portato a determinare, come elemento fondamentale per i criteri locazionali dei pastori, una variabile (i laghi) che in realtà non ha nessun potere attrattivo per gli insediamenti pastorali d'alta quota. Ancor più evidenti sono tali considerazioni se applichiamo un altro tipo di test statistico, il test di Monte Carlo (*mc.test*)<sup>23</sup>, che simula automaticamente un numero prestabilito di distribuzioni di campioni casuali, rendendo il raffronto tra le due distribuzioni cumulative ancor più verosimile. Tale applicazione, in R, è implementabile grazie alla libreria *spatstat*. Effettivamente questo test dà un risultato nettissimo, con la probabilità che le nostre *malghe* siano distribuite casualmente rispetto ai laghi dello 0% per la distanza euclidea ( $\alpha < 0.00000001$ ) e del 100% per la superficie di costo ( $\alpha = 1$ ). Ciò significa che una relazione statistica *malghe-laghi*, evidente per la distanza lineare, diventa assolutamente inesistente per la superficie di costo.

### 2.2.3. La distanza non è l'accessibilità

La problematica emersa nella valutazione statistica fatta in precedenza, ci porta a dover riconsiderare la morfologia come elemento che influenza in maniera fondamentale l'accessibilità in area montana. In effetti, chiunque abbia una minima esperienza di alta montagna, sa che la distanza in sé ha un'importanza molto inferiore rispetto, ad esempio, all'inclinazione dei versanti. Cercando, nello specifico, di interpretare la difformità evidenziata per quanto riguarda la distanza delle *malghe* dai laghi, notiamo che essa dipende dalla peculiare posizione degli stessi laghi alpini. Essi, infatti, sono posizionati, spesso, all'interno di profondi circhi glaciali, per cui la loro accessibilità dall'esterno è condizionata negativamente dalle alte pareti rocciose che racchiudono tali circhi. Di conseguenza, pur essendo i laghi alpini a breve distanza (lineare) dalle *malghe* (fig. 3), sono in realtà difficilmente accessibili a partire dalle *malghe* stesse, perché per raggiungerli è necessario superare le succitate pareti rocciose (fig. 4). Una valutazione della variabile "distanza dai laghi" che non tenesse conto di queste peculiarità morfologiche non solo ci darebbe una comprensione parziale delle caratteristiche della distanza in zone montuose, ma ancor più ci darebbe un risultato falsato a livello di correlazione tra variabili, come abbiamo potuto appurare. Dal punto di vista metodologico, invece, questa comparazione ci è servita soprattutto per verificare la grande differenza esistente tra il semplicistico concetto di distanza e il più problematico concetto di accessibilità nelle zone d'alta quota.

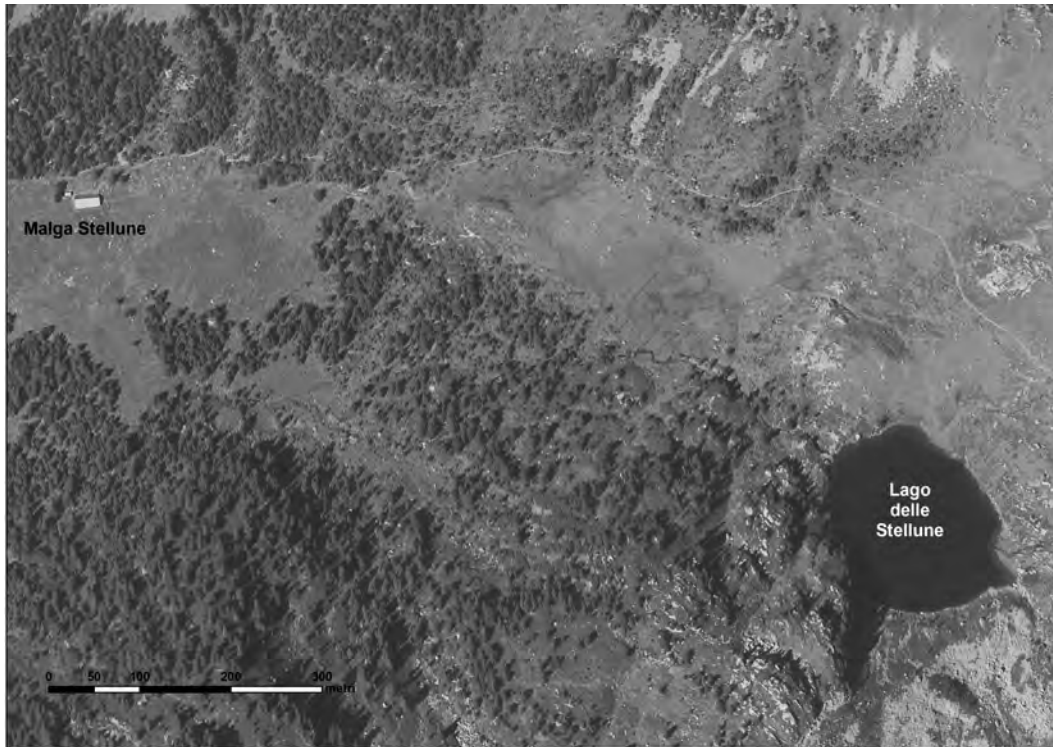
### 2.3. Conclusioni: la distanza non è il percorso

I casi esposti evidenziano come, nell'analisi spaziale, considerare distanze euclidee o superfici di costo influenzi in modo consistente l'interpretazione archeologica. Lo studio del territorio e dei suoi aspetti caratteristici (quali l'idrografia, la morfologia, le risorse) è un passaggio imprescindibile per la comprensione della frequentazione umana. In ambiente montano l'accentuata variabilità di quota e quindi la significativa pendenza dei versanti, più di tutti condizionano le modalità di popolamento e di mobilità. La morfologia del territorio è determinante a fini analitici, come dimostrato dagli spostamenti in montagna, nei quali l'altitudine è più rilevante delle distanze orizzontali. Ne consegue che, a grande-media scala e in ambienti particolarmente costrittivi, le distanze e l'accessibilità delle risorse devono essere considerate in relazione alle caratteristiche del territorio, quindi in termini di superfici di costo e non come astratte distanze lineari.

Se in uno spazio bidimensionale due o più entità (siti-torrenti, siti-laghi, siti-sor-

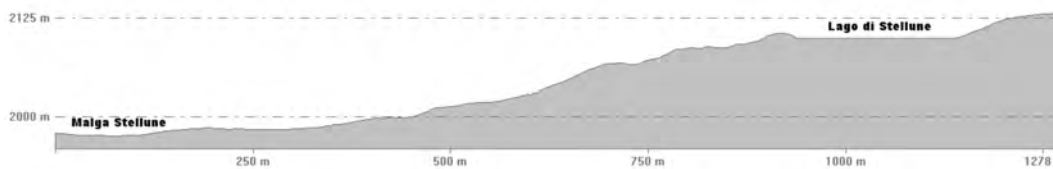
<sup>23</sup> SHENNAN 1997, 64.





3. Particolare di ortofoto (It2006, color) della Val di Fiemme in cui si riconosce il lago delle Stellune e a E la malga Stellune. Questa immagine evidenzia l'apparente vicinanza tra questi due elementi esemplificativi delle alte quote.

4. Fotografia del lago delle Stellune. Sullo sfondo si intravede la malga Stellune. Dal profilo sottostante si nota perfettamente che lago e malga sono linearmente vicini ma che il lago stesso è difficilmente accessibile dalla malga a causa della brusca variazione altitudinale.



genti) possono apparentemente avere una relazione significativa perché prossime, in termini di raggiungibilità (ovvero di costo) possono risultare lontane o quasi irraggiungibili.

Le distanze euclidee sono quindi solo misure teoriche che nulla hanno a che fare con il mondo reale, con la percorribilità del territorio e quindi con la raggiungibilità delle risorse. Nemmeno una pianura perfettamente piatta può essere considerata una superficie isotropica: fiumi, laghi, paludi, vegetazione costituiscono un condizionamento altrettanto importante quanto la morfologia nel caso montano. Solo lavorando a piccola scala queste costrizioni perdono di rilevanza e la conformazione dei continenti diventa il fattore che più di ogni altro determina i tragitti reali.

Anche se i percorsi creati sulla base della morfologia si avvicinano più delle distanze lineari alla realtà, Bateson ci ricorda che: «La mappa non è il territorio»<sup>24</sup>. Infatti, tali percorsi, anche quando considerano più variabili ambientali, costituiscono pur sempre dei modelli teorici. Il percorso reale scelto dai gruppi umani del passato è stato determinato da fattori complessi, quali minimo costo, distanza minima, punti obbligati, risorse e scelte culturali non sempre apprezzabili archeologicamente.

Gli esempi presi in considerazione hanno messo in luce, a scale di analisi differenti, quanto le distanze lineari siano uno strumento del tutto insufficiente, se non fuorviante, per lo studio spaziale di un fenomeno molto complesso quale le dinamiche di popolamento umano. Il caso delle località di campionamento del DNA mitocondriale, sorto all'interno del progetto BIOSTRE dal confronto tra prossimità geografica e distanze genetiche delle popolazioni, ha messo in evidenza la necessità di considerare i percorsi di minimo costo piuttosto che le distanze lineari. Il secondo caso-studio, riguardante i siti pastorali della Val di Fiemme, ha dimostrato che la prossimità tra siti e laghi alpini, apprezzabile sulla superficie bidimensionale, rappresenta una correlazione solo apparente, del tutto irrealistica quando si considera un modello tridimensionale del territorio (DEM).

Gli strumenti utilizzati per i calcoli descritti sono GRASS ([grass.fbk.eu](http://grass.fbk.eu)), un *software* GIS, e R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)), un programma per la statistica standard e spaziale. Questi due sistemi versatili e potenti per analisi avanzate hanno un punto di forza nella loro perfetta integrabilità: *file raster*, come superfici e analisi spaziali (DEM, superfici di costo, valori di frizione, ecc.), e *file* vettoriali (come siti, idrografia, ecc.) realizzati in ambiente GRASS possono essere successivamente analizzati statisticamente da R sotto forma di matrici o tabelle. L'analisi segue quindi un unico processo che semplifica le comuni procedure di importazione ed esportazione.

Entrambi i *software* sono liberi e *open source* (FOSS), quindi disponibili e implementabili liberamente. Sono strumenti di ricerca che consentono la verifica degli algoritmi utilizzati, il controllo della procedura e quindi dei risultati nel dettaglio. Aspetto questo non trascurabile perché garantisce la costruzione di solidi protocolli di analisi e la loro replicabilità.

<sup>24</sup> BATESON 1979.

## Abbreviazioni bibliografiche

### **BARBUJANI et alii 1995**

G. Barbujani - G. Bertorelle - G. Capitani - R. Scozzari, *Geographical structuring in the mtDNA of Italians*, in Proceedings of the National Academy of Science of United States of America, 92, 1995, 9171-9175.

### **BATESON 1979**

G. Bateson, *Mind and Nature. A Necessary Unity*, New York 1979.

### **CARRER 2012**

F. Carrer, *Upland sites and pastoral landscapes. New perspectives into the archaeology of pastoralism in the Alps*, in Apsat 1. Teoria e Metodi della Ricerca sui Paesaggi d'Alta, G. P. Brogiolo, D.E. Angelucci, A. Colecchia, F. Remondino (edd.), Mantova 2012, 101-116.

### **CARRER c.s.**

F. Carrer, *Pastoralism needs GRASS. A GIS approach to the Ethnoarchaeology of Pastoralism in the Alps*, in Proceedings of the 5th Italian Conference on Ethnoarchaeology, Rome 2010, c.s.

### **CAVALLI SFORZA et alii 1994**

L. L. Cavalli Sforza - P. Menozzi - A. Piazza, *The History and Geography of Human Genes*, Princeton 1994.

### **CLARKE 1968**

D. L. Clarke, *Analytical Archaeology*, London 1968.

### **COIA et alii c.s.**

V. Coia - I. Boschi - F. Trombetta - F. Cavulli - F. Montinaro - G. Destro-Bisol - S. Grimaldi - A. Pedrotti, *Evidence of high genetic variation among linguistically diverse populations on a micro-geographic scale: a case study of the Italian Alps*, Journal of Human Genetics, 2011, c.s.

### **CONOLLY-LAKE 2006**

J. Conolly - M. Lake, *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge 2006.

### **CRUMPACKER et alii 1976**

D. W. Crumacker - G. Zei - A. Moroni - L. L. Cavalli Sforza, *Air distance versus road distance as a geographical measure for studies on human population structure*, in Geographical Analysis, 8, 1976, 215-223.

### **CUNLIFFE 1971**

B. W. Cunliffe, *Some aspects of hill-forts and their cultural environments*, in *The Iron Age and its Hill-*

*Forts*, M. Jesson, D. Hill (edd.), Southampton 1971, 53-70.

### **FLETCHER-LOCK 1991**

M. Fletcher - G. R. Lock, *Digging Numbers. Elementary Statistics for Archaeologists*, Oxford 1991.

### **FOLEY 1977**

R. Foley, *Space and Energy: A Method for Analysing Habitat Value and Utilization in Relation to Archaeological Sites*, in *Spatial Archaeology*, D. L. Clarke (ed.), London 1977, 163-187.

### **GAFFNEY-STANCIC 1991**

V. Gaffney - Z. Stancic, *GIS approaches to regional analysis: a case study of the island of Hvar*, Ljubljana 1991.

### **GIULIANO et alii 2006**

P. Giuliano - A. Spilimbergo - G. Tonon, *Genetic, Cultural and Geographical Distances*, [http://www.economics.harvard.edu/files/faculty/97\\_Genetics\\_August2007.pdf](http://www.economics.harvard.edu/files/faculty/97_Genetics_August2007.pdf), 2006 (15/08/11).

### **HANDLEY et alii 2007**

L. J. L. Handley - A. Manica - J. Goudet - F. Balloux, *Going the distance: human population genetics in a clinal world*, in Trends in Genetics, 23, 2007, 432-439.

### **HIGGS-VITA FINZI 1972**

E. S. Higgs - C. Vita Finzi, *Prehistoric economies: a territorial approach*, in *Papers in Economic Prehistory: Studies by Members and Associates of the British Academy Major Research Project in the Early History of Agriculture*, E. S. Higgs (ed.), Cambridge 1972, 27-36.

### **MANNI et alii 2004**

F. Manni - E. Gue'ard - E. Heyer, *Geographic Patterns of (Genetic, Morphologic, Linguistic) Variation: How Barriers Can Be Detected by Using Monmonier's Algorithm*, in Human Biology, 76, 2004, 173-190.

### **MANTEL 1967**

N. Mantel, *The detection of disease clustering and a generalized regression approach*, in Cancer Research, 27, 1967, 209-220.

### **MCDONALD 2004**

J. D. McDonald, *World Distribution of MTDNA Haplogroups*, <http://www.scs.illinois.edu/~mcdonald/worldmtdnmap.pdf>, 2004 (15/08/11).

### **NETLER-MITASOVA 2005**

M. Netler - H. Mitasova, *Open Source GIS: a Grass*

*GIS approach*, Boston 2005.

**RAMACHANDRAN et alii 2005**

S. Ramachandran - O. Deshpande - C. C. Roseman - N. A. Rosenberg - M. W. Feldman - L. L. Cavalli Sforza, *Support from the relationship of genetic and geographic distance in human populations for a serial founder effect originating in Africa*, in Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102, 2005, 15942-15947.

**SEMINO et alii 2000**

O. Semino - G. Passarino - P. J. Oefner - A. A. Lin - S. Arbuzova - L. E. Beckman - G. De Benedictis - P. Francalacci - A. Kouvatsi - S. Limborska - M. Marcikiae - A. Mika - B. Mika - D. Primorac - A. S. Santachiara Benerecetti - L. L. Cavalli Sforza - P. A. Underhill, *The Genetic Legacy of Paleolithic Homo sapiens sapiens in Extant Europeans: A Y Chromosome Perspective*, in Science, 290, 2000, 1155-1159.

**SHENNAN 1997**

S. Shennan, *Quantifying Archaeology*, Edinburgh 1997.

**SIMONI et alii 2000**

L. Simoni - F. Calafell - D. Pettener - J. Bertranpetit - G. Barbujani, *Geographic Patterns of mtDNA Diversity in Europe*, in American Journal of Human Genetics, 66, 2000, 262-278.

**VITA FINZI-HIGGS 1970**

C. Vita Finzi - E. S. Higgs, *Prehistoric economy in the Mount Carmel area of Palestine: site catchment analysis*, in Proceedings of the Prehistoric Society, 36, 1970, 1-37.

**Referenze iconografiche**

Provincia Autonoma di Trento. Sistema Informativo Ambiente e Territorio (SIAT): figg. 1-4.

Francesco Carrer  
Laboratorio "B. Bagolini".  
Dipartimento di Filosofia, Storia e Beni Culturali  
Università di Trento  
francescokar@gmail.com

Fabio Cavulli  
Laboratorio "B. Bagolini"  
Dipartimento di Filosofia, Storia e Beni Culturali  
Università di Trento  
fabio.cavulli@lett.unitn.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II  
DIPARTIMENTO DI DISCIPLINE STORICHE "E. L. EPICURE"  
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI STUDI PER LA MAGNA GRECIA

## ARCHEOFOSS

*Open Source, Free Software e Open Format* nei processi di ricerca  
archeologica

Atti del VI Workshop (Napoli, 9-10 giugno 2011)

a cura di  
Francesca Cantone

Naus Editoria  
2012



Università degli Studi di Napoli Federico II  
Polo delle Scienze Umane e Sociali  
Dipartimento di discipline storiche "E. I. e. p." e  
del polo delle Scienze Umane e Sociali

Ha collaborato alle attività redazionali Marialucia Giacco

Il volume è stato realizzato con un contributo del Dipartimento di discipline storiche "E. I. e. p." e del polo delle Scienze Umane e Sociali

---

Quaderni del Centro Studi Magna Grecia, collana a cura di Giovanna Greco.  
Centro Interdipartimentale di Studi per la Magna Grecia, Dipartimento di discipline storiche "E. I. e. p.",  
Università degli Studi di Napoli Federico II

*Comitato scientifico*

Luisa Breglia, Carlo Gasparri, Giovanna Greco, Fabrizio Lo Monaco, Francesca Longo Auricchio

*Redazione scientifica*

Luisa Cicala, Bianca Ferrara, Luigi Vecchio

I volumi della collana sono sottoposti al Consiglio Scientifico del Centro Interdipartimentale di Studi per la Magna Grecia ed al processo di *peer review*, affidato a specialisti anonimi, la cui documentazione è disponibile presso l'Editore.

*Progetto grafico e realizzazione*

Naus Editoria

Copyright © Pozzuoli 2012. Naus Editoria, [www.naus.it](http://www.naus.it)

ISBN 978-88-7478-031-0

È severamente vietata la riproduzione parziale o totale del testo e delle immagini.

# Indice

9-15 giovanna greco  
Presentazione

17-28 francesca cantone  
archeofoss 2011. considerazioni intorno.

## ATTI

### Esperienze virtuose di gestione aperta della conoscenza culturale.

33-34 Maria Mautone  
archeofoss. esperienze virtuose di gestione aperta alla conoscenza culturale

35-36 Paola Moscati  
open science e archeologia

37-42 Pietro Citarella  
il sito internet del comune di napoli: da strumento informativo a spazio per la condivisione e la partecipazione

43-60 floriana Miele  
Modelli di conoscenza e sistemi informativi per la tutela, la gestione e la valorizzazione del patrimonio archeologico: esperienze in campania

61-73 renata esposito, fiona Proto  
Modelli di conoscenza contestualizzata e prototipi di classificazione ontologica dei beni culturali - l'esperienza del c.i.r. cultura campania

75-84 Mario Mangofurnari, carmine novello, Paolo acampa  
Octapy3: una piattaforma open source per un cms cooperativo di depositi documentali distribuiti

85-98 Mirella Serlorenzi, andrea detommasi, Simone ruggeri  
La filosofia e i caratteri *Open - Approach* del Progetto sitar - sistema informativo territoriale archeologico di roma. Percorsi di riflessione metodologica e di sviluppo tecnologico.

99-110 francesca cantone  
*Open workflow, cultural heritage and university. The experience of the Master Course in Multimedia Environments for Cultural Heritage*

111-123 federico Morando, Prodromostsiavos  
diritti sui beni culturali e licenze libere (ovvero, di come un decreto ministeriale può far sparire il pubblico dominio in un paese).

### **Documentare e ricostruire: strumenti e metodi aperti.**

- 127-139 Vincenzo Moscatò, Antonio Picariello, Angelo Chianese  
un framework per la creazione di ambienti virtuali 3d
- 141-152 Luca Bezzi, Nicolò dell'Unto  
rilievo tridimensionale di reperti archeologici: tecniche a confronto
- 153-170 Pierre Moulon, Alessandro Bezzi  
*Python Photogrammetry Toolbox: A free solution for Three-Dimensional Documentation*
- 171-182 Micaela Spigarolo, Antonella Guidazzoli  
*Open Source* e ricostruzione archeologica: l'esperienza del cinea per il progetto Museo della città

### **La conoscenza archeologica: approcci aperti alla gestione ed analisi**

- 185-198 Danilo Leone, Nunzia Maria Mangialardi, Maria Giuseppina Sibillano, Dario Balzano  
la storia emersa e sommersa: un database per l'archeologia dei paesaggi subacquei
- 199-209 Alessandra De Stefano, Maria Giuseppina Sibillano, Giuliano Volpe  
la città nascosta: un DBMS per il censimento e l'analisi delle strutture ipogee del centro storico di Foggia
- 211-218 Stefano Costa, Luca Bianconi, Elisabetta Starnini  
iPoM 2011: l'archeologia del software in archeologia
- 219-223 Luca Bianconi, Davide De Bernardi, Paolo Montalto  
Archidroid, gestione bibliotecaria informatizzata tramite tecnologie mobile open source
- 225-232 Augusto Palombini  
*rfinder*: uno script per grass-gis finalizzato alla ricognizione intelligente
- 233-244 Francesco Carrer, Fabio Cavulli  
istanze euclidee e superfici di costo in ambiente montano: applicazione di grass ed r a diversa scala in ambito trentino
- 245-252 Felice Stoico, Luca D'Altilia  
analisi spaziale in archeologia dei paesaggi: il progetto n.d.s.s. (*Northern Daunian Subappennino Survey*)
- 253-264 Sandra Heinsch, Walter Kuntner, Giuseppe Napoliello  
*Aramus Excavations and Field School*, esperienze con *Free/Libre e Open Source Software*

### **La diffusione e condivisione dell'informazione scientifica in archeologia.**

- 267-276 Andrea Ciapetti, Dario Berardi, Alessandra Donnini, Maria De Vizia



guerriero, Matteo Lorenzini, Maria Emilia Masci, Davide Merlitti,  
Stefano Norcia, Fabio Piro, Oreste Signore  
Baseculturale.it, un portale semantico per i beni culturali

277-286 Valentina Vassallo, Denis Pitzalis  
La libreria digitale di Cipro

### **Poster session**

289-292 Simone Deola, Valeria Grazioli, Simone Pedron  
Conversione di file da .dwg a .shp mediante l'utilizzo di *software Open Source*

293-295 Alessio Paonessa  
Da Mac a GNU/Linux: migrazione dei dati da un GIS di scavo

297-302 Damiano Lotto, Silvia Fiorini  
Analisi di dispersione del materiale archeologico a fondo Paviani: un approccio *open source*