

VERSO UNA METODOLOGIA CONDIVISA PER L'ANALISI DEL PAESAGGIO ANTICO: IL PROGETTO "VALLE DEL TEVERE"

1. IL PROGETTO "VALLE DEL TEVERE"

Il presente lavoro illustra la sperimentazione di una metodologia per la ricostruzione del paesaggio storico, con particolare riguardo agli aspetti di definizione delle diverse presenze vegetazionali e antropiche del territorio in determinate epoche del passato. Il caso di studio è rappresentato dal lavoro che l'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC) del CNR sta svolgendo nell'ambito del Programma "Arcus", finalizzato alla creazione di un sistema integrato di conoscenza, valorizzazione e comunicazione del paesaggio culturale della Valle del Tevere (contesti archeologici, storico-artistici, naturalistici, antropici), in particolare dell'area compresa tra il Monte Soratte e Fiano Romano, in direzione N-S, e il tracciato della via Flaminia antica e Palombara Sabina, in direzione E-O. Il progetto prevede una variegata serie di prodotti finali, quali:

- un'installazione di realtà virtuale ludico-educativa, caratterizzata da un sistema di natural interaction (interazione attraverso i movimenti del corpo), localizzata all'interno di un museo di Roma, quale porta privilegiata di accesso e promozione del territorio della Valle del Tevere;
- una guida multimediale alla Villa dei Volusii e al sito di Lucus Feroniae, da fruire sia su mobile che presso il Museo di Lucus Feroniae;
- una guida alla Riserva del Tevere-Farfa, per smartphone o tablet, da fruire durante la visita all'area naturalistica;
- un'installazione multimediale-filmica dedicata alla Riserva naturale del Tevere-Farfa e destinata alle scuole, da fruire nel Museo del Fiume di Nazzano;
- un sito web sul paesaggio culturale, basato su un sistema informativo geografico in 3D e dedicato al pubblico di turisti, studiosi, operatori, scuole.

Il lavoro comporta una ricostruzione fotorealistica del paesaggio naturale e antropico rispetto alle seguenti fasi cronologiche:

- fase preistorica (ricostruzione della storia geologica dell'area, formazione della Valle del Tevere e dell'alveo fluviale, tra 3 milioni di anni fa e 12.000 anni fa);
- fase pre-romana (focalizzata sull'Età del Ferro e sul periodo Orientalizzante);
- fase romana (focalizzata, in particolare, sul periodo augusteo);
- fase medievale (focalizzata, in particolare, sul XII secolo);
- fase contemporanea.

In questa sede si analizza la metodologia implementata per la definizione delle aree di paesaggio relativamente all’elaborazione GIS, preludio e base della ricostruzione vera e propria che avviene attraverso software di “generazione” del paesaggio. Il processo completo si sviluppa attraverso i seguenti passaggi:

- generazione del modello digitale del terreno, attraverso l’elaborazione fotogrammetrica di aerofoto attuali e storiche (queste ultime precedenti alla realizzazione dell’autostrada e della diga del Tevere-Farfa nel 1955);
- raccolta dei dati ed elaborazione GIS di carte tematiche finalizzata alla definizione del paesaggio antico;
- raccolta ed elaborazione delle librerie 3D dei modelli vegetali e architettonici;
- utilizzo delle mappe nel software di “generazione” di paesaggio per la ricostruzione tridimensionale fotorealistica.

Il sistema informativo geografico globale, in cui sono confluiti i dati raster e vettoriali relativi alle varie caratterizzazioni del paesaggio nelle diverse epoche cronologiche, è stato sviluppato dall’ITABC del CNR, attraverso l’uso del software open source GRASS-GIS. Il GIS ha integrato nella sua base di dati la “carta delle unità di eco-paesaggio” utile alla definizione della composizione e dell’attitudine dei suoli ad ospitare determinati ecosistemi vegetazionali; tali dati sono stati elaborati dalla società Digiter e sono stati incrociati con i dati della carta archeologica. La successiva traduzione tridimensionale dei dati a scopo di rappresentazione e di comunicazione è in corso di realizzazione, da parte del CNR-ITABC, all’interno del software Eon-View per il rendering filmico, mentre, per la visualizzazione real time e off-line, i dati 3D vengono opportunamente ottimizzati per poter essere gestibili all’interno dell’engine grafico Unity 3D e del suo modulo “Terrain”.

2. IL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

La generazione di un DEM rappresenta il primo argomento da affrontare e comporta, generalmente, un livello di difficoltà proporzionale al tipo di mutamenti che l’area ha subito nel tempo intercorso fra le differenti epoche di interesse e i nostri giorni. I metodi utilizzabili sono di diverso tipo: si può partire da un modello attuale, procedendo a ritroso e modificando il raster localmente laddove si collocano le alterazioni note (CAMPONESI, PALOMBINI, PESCARIN 2008, 115), oppure – quando la differenza è rilevante – si possono ridisegnare le curve di livello vettoriali per poi procedere all’interpolazione di un nuovo modello (PALOMBINI *et al.*, c.s.), procedimento, quest’ultimo, particolarmente adatto per la preistoria in quanto consente significative ridefinizioni di quota.

Nel nostro caso ci si è orientati verso il primo metodo per quanto riguarda le fasi dall'Età del Ferro in poi, avvalendosi, tuttavia, dell'uso integrato di diversi modelli relativi a differenti scale di dettaglio. Le principali differenze consistono nel diverso percorso del Tevere e in talune infrastrutture che hanno significativamente inciso sul paesaggio, cioè l'autostrada Roma-Firenze e la diga sul fiume a valle della Riserva naturale Nazzano-Tevere-Farfa, entrambe realizzate negli anni Cinquanta del XX secolo. Si è quindi esplorata con successo la possibilità di costruire un modello di terreno partendo da dati anteriori alle suddette infrastrutture, grazie all'esistenza di fotografie aeree dell'IGM risalenti al 1952. Si è quindi operata una battuta di punti a terra tramite DGPS; nonostante la difficoltà nel localizzare alcuni elementi a distanza di 60 anni, tale battuta ha consentito la realizzazione di una restituzione fotogrammetrica, curata dalla Fondazione "Bruno Kessler", grazie all'utilizzo di software proprietario e di ERDAS, restituendo DEM di risoluzione compresa tra i 5 e i 10 m, oltre al set di ortofoto georiferite.

3. LA RICOSTRUZIONE DEL PAESAGGIO ANTICO

Una volta realizzato il DEM, il passo successivo è la definizione delle diverse aree vegetazionali. Prima di approfondire questo aspetto, è necessaria una premessa metodologica sul concetto di "ricostruzione". È ovvio, infatti, che in un processo di questo tipo non ci si può porre l'obiettivo di una ricostruzione di come "realmente" fosse il paesaggio in una certa epoca. La stessa idea di "realismo" è fuorviante e priva di senso: la vegetazione su un territorio cambia sensibilmente nel giro di pochi decenni o anni, privando di significato l'idea di una ricostruzione "fedele al vero". Ciò che può essere ottenuto, invece, è una verosimiglianza, il cui scopo – partendo da un'attendibilità storica, ecologica e statistica – è quello di riprodurre l'impatto sensoriale ed emotivo suscitato dal territorio, considerate le sue implicazioni percettive e cognitive (FORTE 2003).

Con questa premessa, l'idea di una ricostruzione della dimensione ecologica del paesaggio si può sintetizzare nei seguenti passi:

- determinazione – partendo dai dati geo-pedologici – dell'attitudine naturale dei terreni, ovvero di quale sarebbe la più probabile evoluzione del manto vegetale in assenza di intervento umano;
- determinazione – partendo ancora dai dati geo-pedologici – dell'attitudine dei terreni a specifiche categorie di colture;
- determinazione – a partire da una serie di dati di vario genere, anche legati alla presenza antropica (vicinanza agli insediamenti, ai corsi d'acqua, alle strade, accessibilità, etc.) – di una scala di preferenza per i terreni coltivabili;
- determinazione della superficie di terreno di cui è ipotizzabile la destinazione ad uso agricolo, sulla base delle esigenze nutrizionali/commerciali e dei fattori legati alla forza lavoro nelle varie epoche;

– sintesi delle mappe derivate e realizzazione del tematismo omni-comprendivo finale (rappresentato da una color map), che guiderà la rappresentazione fotorealistica nei generatori di paesaggio.

Il primo passaggio rientra parzialmente nell’alveo di una metodologia consolidata. Si tratta di derivare dalla “carta del pedo-paesaggio” – che raffigura la distribuzione spaziale dei suoli (*soil landscape units*) nel loro contesto litologico, morfologico e di bacino idrografico (ARNOLDUS-HUYZENDVELD, POZZUTO 2009), in combinazione con i dati fito-climatici (BLASI 1994) – il potenziale per i vari tipi di vegetazione naturale, qui denominato l’“eco-paesaggio”. Da questo dato è anche possibile partire per ottenere, dalla carta di pedo-paesaggio semplificata, una mappa di “attitudine” alla coltivazione che mostri, cioè, l’attitudine dei terreni a determinate categorie di colture (F.A.O. 1995). Il passaggio successivo, cioè la selezione di una scala di preferenza per i terreni coltivabili, rappresenta un tipo di analisi meno formalizzabile, legata a numerosi aspetti che possono a propria volta avere diversa rilevanza a seconda del tipo di società: la vicinanza a un insediamento, ad esempio, è un fattore da tempo oggetto di studi specifici (HIGGS, VITA FINZI 1970) come la *site-catchment analysis*, che, pur soggetta a ragionevoli critiche metodologiche (FLANNERY 1976), è stata utilmente implementata attraverso i sistemi GIS in contesti diversi (GAFFNEY, STANČIČ 1991; HUNT 2008; CAMPORESI, PALOMBINI, PESCARIN 2008). Tuttavia, essa non solo non è l’unico fattore da considerare, ma il suo rilievo e le eventuali soglie di distanza sono certamente diverse per società con differenti livelli tecnologici e di organizzazione, che rendono necessari approcci più complessi, peraltro già teorizzati (PESCARIN 2009, 79-104).

Il tentativo di una formalizzazione generalizzabile del problema, ha portato all’utilizzo di un approccio di tipo polinomiale:

$$aX + bY + cZ \dots$$

dove “X, Y, Z” sono i vari tematismi legati alla potenzialità agricola, e “a, b, c” il valore che si attribuisce ad ognuno di essi, in base alle caratteristiche sociali e tecnologiche dell’epoca. In questo modo, volendo ad esempio definire la mappa della vegetazione potenziale per l’Età del Ferro, si può optare per la formula:

$$M = (X + 0.5Y + 0.5Z + 3K + W) \text{ [if } J < 40\% \text{]}$$

dove (Fig. 1):

M = potenzialità agricola della singola area

X = mappa della distanza dai siti di insediamento (fasce a 2, 4, 6 e 10 km)

Y = mappa della distanza dalle strade (fasce a 1 e 2 km)

Z = mappa della distanza dal Tevere e dai corsi d’acqua (fasce a 300 e 1000 m)

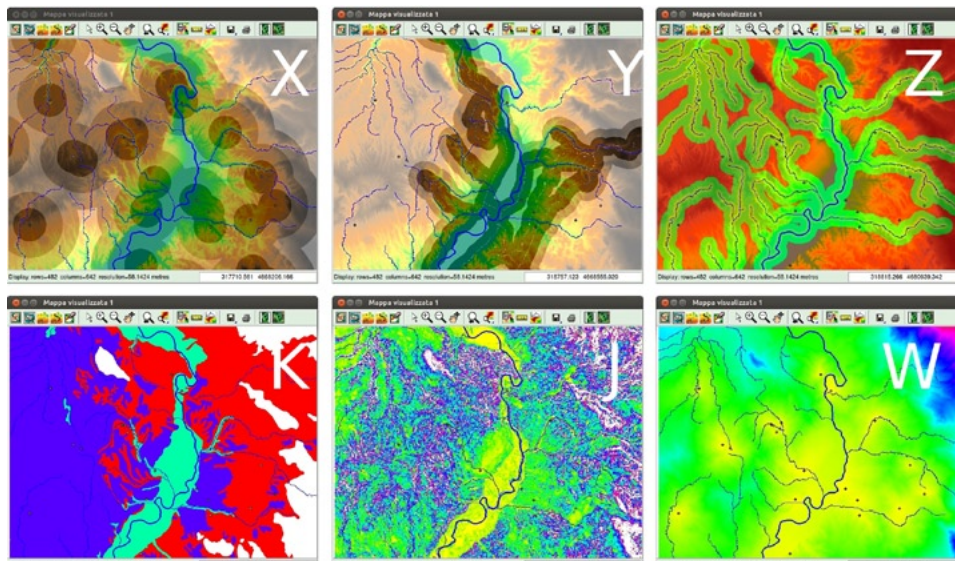


Fig. 1 – Mappe tematiche per il calcolo della potenzialità agricola (X = distanza dai siti, Y = distanze dalle strade, Z = distanze dai corsi d’acqua, K = unità del pedo-paesaggio, J = pendenza, W = costo di spostamento).

- K = mappa dell’eco-paesaggio (5 categorie di potenziale ecologico)
- J = mappa della pendenza (si considerano solo terreni inferiori al 40%)
- W = mappa di costo (*cost analysis*), che quantifica lo sforzo necessario per raggiungere ciascun punto del territorio partendo da un insediamento.

Per l’età romana, la stessa formula può essere rielaborata, cambiando i coefficienti, in:

$$M = (0.5X + Y + 0.5Z + 3K + W) \text{ [if } J < 40\% \text{]}$$

dunque, diminuendo l’importanza del fattore di prossimità al sito (X) e accentuando quello di prossimità alla strada (Y), in una società con una rete fortemente organizzata di trasporti sul territorio.

Questo tipo di formalizzazione ha consentito una gestione più semplice del processo complessivo di creazione delle mappe di paesaggio per le varie epoche, modificando i coefficienti; esso viene qui proposto come contributo al dibattito. Peraltro, la struttura di GRASS-GIS, attraverso il modulo “r.mapcalc”, permette il diretto utilizzo della formula stessa, velocizzando e uniformando le operazioni. La mappa risultante costituirà un gradiente dei terreni preferibili per la coltivazione lungo una scala di valori. Il successivo passo è, quindi, la definizione di una soglia oltre la quale escludere la coltivazione, per poter deter-

minare la quantità di terreno complessivo di cui è ipotizzabile l'uso agricolo. Si tratta di una decisione fortemente dipendente dalle caratteristiche del contesto storico che si analizza, sia per quanto riguarda la produttività delle colture per unità di superficie, che per le esigenze nutritive e di lavoro, che rimandano alla dimensione demografica. In questo senso, sia l'etno-archeologia che i dati documentari possono essere utilizzati in combinazione.

4. I DATI DEMOGRAFICI

Nel caso di studio, per la fase dell'Età del Ferro/periodo Orientalizzante (l'unica sinora affrontata in dettaglio) abbiamo considerato una resa del grano pari a 6-7 quintali per ettaro che ci viene da alcuni dati documentari e letterari antichi: Columella e Varrone parlano di 10-13 quintali per ettaro, con una stima considerata ottimistica (ARNOLDUS-HUYZENDVELD, POZZUTO 2009, 36), cifra che va comunque diminuita di circa un terzo in considerazione di un anno di riposo su quattro (che sia praticato o meno il maggese) e di una parte di semenza da conservare per la semina. Abbiamo inoltre assunto un rendimento grano/farina del 100%, un apporto di 300 calorie per 100 grammi e un fabbisogno calorico di 2500 kilocalorie giornaliere, di cui la metà apportate dal prodotto cerealicolo, supponendo che le rimanenti provenissero da una dieta integrata. La tradizione dei *bina iugera*, i due iugeri di terreno distribuiti da Romolo ai cittadini (2 iugeri per famiglia), ipotizzando famiglie composte da 4 persone, porterebbe a una stima di 0,125 ettari (un ettaro equivale approssimativamente a 4 iugeri), corrispondenti a 87 kg annui di prodotto e a circa 700 calorie giornaliere: un apporto decisamente scarso.

Abbiamo invece optato per una stima di circa 0,2 ettari a testa, ancora compatibile sia con la tradizione dei *bina iugera*, che con le stime di ARNOLDUS-HUYZENDVELD e POZZUTO (2009, 36), ove si ipotizza 1 ettaro per persona, ma a fronte di un rendimento di 2,5 quintali per ettaro, circa un terzo di quello ipotizzato in questa sede, il che ci restituisce un valore di 1150 calorie giornaliere. Quanto al numero degli abitanti, fra le varie stime disponibili, abbiamo seguito l'impostazione di DI GENNARO e GUIDI (2009), considerando un'estensione di 25 ettari per gli abitati più ampi di *Cures* ed *Eretum* e di 8 ettari per gli altri, con alcuni casi di abitati più piccoli (2 ettari). Si calcola una densità demografica di circa 100 persone per ettaro, compatibili con analoghe esperienze di studio (DI GENNARO, GUIDI 2010), e una stima di circa 12.000 abitanti per l'intera area in esame, corrispondenti a un'esigenza di circa 2400 ettari di terreno prevalentemente cerealicolo da coltivare, che abbiamo portato a 3000 in considerazione delle diverse condizioni di agibilità e organizzazione del territorio.

Dunque, la color map finale corrispondente alle zone coltivate è stata delineata considerando un'estensione di 3000 ettari a prevalenza di cerea-

licoltura-prati/pascolo e circa 400 a prevalenza di frutteto-uliveto (in questa epoca le colture non sono esclusive, e vite e ulivo sono state incluse anche negli ecosistemi assegnati a coltivazioni cerealicole, in conformità con le fonti classiche, tra cui in particolare il *De re rustica*). Questa mappa è stata sovrapposta a quella dell'attitudine naturale dei terreni, costituendo la base definitiva per l'elaborazione tridimensionale del paesaggio. La successiva elaborazione 3D si avvale di una filiera di software ben integrati fra loro, Vue e Unity 3D. L'avanzato livello di sviluppo che li caratterizza, l'approfondita documentazione e l'esistenza di una comunità di utenti molto estesa e attiva, fanno sì che l'impiego di questi software risulti molto efficiente, anche in considerazione delle necessità di ottimizzare risultati e tempi di realizzazione.

5. METODI E STRUMENTI

Il lavoro si pone come tentativo di approccio aperto dal punto di vista del metodo, dei dati e degli strumenti, mediante l'uso di software open source ove possibile, e, altrimenti, con la disamina delle problematiche che ne determinano un ostacolo. Il processo descritto comporta tre fondamentali categorie di software relativamente alle fasi di lavoro: quelli per l'elaborazione fotogrammetrica di modelli di terreno, quelli per l'analisi GIS, e i "generatori" di paesaggio. Mentre per la fase GIS l'intero processo di lavoro si è svolto in ambiente GRASS, per le altre due attività di elaborazione si sottolinea l'attuale carenza, nel mondo open source, di software adeguati (sono infatti stati utilizzati ERDAS e Vue). Al riguardo, uno dei filoni di riflessione attualmente condotto, in particolare dal CNR-ITABC, consiste in una disamina sulle potenzialità di utilizzo di Blender nell'ambito della modellazione procedurale di paesaggi, un traguardo suggestivo e promettente, ma allo stato attuale ancora lontano.

ANTONIA ARNOLDUS-HUYZENDVELD

Digiter s.r.l

AUGUSTO PALOMBINI, EVA PIETRONI, VALENTINA SANNA, SARA ZANNI

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali

Consiglio Nazionale delle Ricerche

FABIO REMONDINO

Fondazione Bruno Kessler

BIBLIOGRAFIA

ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., DI IOIA M., FERDANI D., PALOMBINI A., SANNA V., ZANNI S., PIETRONI E. c.s., *The Virtual Museum of the Tiber Valley Project. Actas de la Conferencia Arqueologica 2.0 (Sevilla 2012)*, Siviglia, Siviglia editore - Sociedad Espanola de Arqueologia Virtual, in corso di stampa.

- ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., POZZUTO E.P. 2009, *Una lettura storica del paesaggio attuale: il territorio di Castel di Pietra tra Antichità e Medioevo*, in C. CITTER (ed.), *Dieci anni di ricerche a Castel di Pietra. Edizione degli scavi 1997-2007*, Firenze, All’Insegna del Giglio, 15-39.
- BLASI C. 1994, *Fitoclimatologia del Lazio*, «Fitosociologia», 27, 151-175.
- CAMPORESI C., PALOMBINI A., PESCARIN S. 2008, *GIS e 3D WebGis*, in M. FORTE (ed.), *La Villa di Livia, un percorso di ricerca di archeologia virtuale*, Roma, L’Erma di Bretschneider, 111-120.
- DI GENNARO F., GUIDI A. 2009, *Ragioni e regioni di un cambiamento culturale: modi e tempi della formazione dei centri protourbani nella valle del Tevere e nel Lazio meridionale*, «Scienze dell’Antichità. Storia Archeologia Antropologia», 15, 429-445.
- DI GENNARO F., GUIDI A. 2010, *Lo stato delle anime come mezzo per la ricostruzione della popolazione dei villaggi protostorici*, C. MARTÍN ESCORZA, I. BAQUEDANO BELTRÁN, *Arqueología de la Población*, «Arqueología Espacial», 28, 1-9.
- F.A.O. 1995, *Planning for sustainable use of land resources: Toward a new approach*, «FAO Land and Water Bulletin», 2.
- FLANNERY K.V. 1976, *The Early Mesoamerican Village*, New York, Academic Press.
- FORTE M. 2003, *Mindscapes: Ecological thinking, cyber-anthropology, and virtual archaeological landscapes*, in M. FORTE, P.R. WILLIAMS (eds.), *The Reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies. Proceedings of the 1st Italy-U.S.A. Workshop (Boston, Massachusetts 2001)*, Oxford, Archaeopress, 95-108.
- GAFFNEY V., STANČIČ Z. 1991, *GIS approaches to regional analysis: a case study of the island of Hvar*, Ljubljana, Univerza v Ljubljani.
- HIGGS E.S., VITA FINZI C. 1970, *Prehistoric economy in the Mount Carmel area of Palestine: Site Catchment Analysis*, «Proceedings of the Prehistoric Society», 3, 1-37.
- HUNT E.D. 2008, *Upgrading site-catchment analyses with the use of GIS: Investigating the settlement patterns of horticulturalists*, «World Archaeology», 24 (2), 283-309.
- PALOMBINI A., ARNOLDUS HUYZENDVELD A., DI IOIA M., GIOIA P., PERSIANI C., PESCARIN S. C.S., *Back into Pleistocene waters: The narrative museum of Casal de’ Pazzi (Roma)*, in *Proceedings of the 40th CAA Conference (Southampton 2012)*, in corso di stampa.
- PESCARIN S. 2009, *Reconstructing Ancient Landscape*, Budapest, Archeolingua.

ABSTRACT

The Tiber Valley Project aims to create a series of digital applications for 3D reconstructing, visualization and real time browsing of the ancient and current Tiber Valley landscape (particularly for the *Villa dei Volusii* and *Lucus Feroniae* areas), in four different historical phases. In this perspective, the first problem to face is the need for a valid methodology for ancient landscape ecosystem reconstruction, before dealing with monuments and building. On the basis of an intense multi-disciplinary discussion and the previous VH Lab experience in this field, in this article we are presenting a scheme for a standardized reconstruction procedure, where the landscape is built using all available sources and elevation data obtained by a photogrammetry process on historical pictures. Ecosystem areas are then calculated through GIS elaboration in GRASS-GIS environment, through a procedure which may be shared for any situation of historical landscape reconstruction, allowing the matching and the mathematical processing of geographical data aimed to the definition of different ecological areas (both in terms of natural vegetation and cultivated lands). Maps are then created to be imported in procedural landscape generation engines: the last part of the paper focuses on the lack of effective open source software in this field, and a possible proposal implementation in this sense.