

Progetto *Castellum Vervassium*. Lettura integrata di un territorio tra topografia classica e software FLOSS

di Lorenza Endrizzi*, Nicoletta Pisu*, Matteo Frassine*,
Rupert Gietl**, Giuseppe Naponiello**

* Soprintendenza per i Beni librari archivistici e archeologici della Provincia autonoma di Trento -
lorenza.endrizzi@provincia.tn.it; nicoletta.pisu@provincia.tn.it.

** Arc-Team s.n.c., matteo.frassine@tiscali.it; ruppi@arc-team.com; beppenapo@gmail.com.

Castellum Vervassium Project.

An integrated interpretation of a territory between classical topography and FLOSS.

One of the main goal of the *Castrum Vervassium* project has been the localization of the ancient road network inside the target landscape. To optimize the results, we divided the research into three steps: the classical topographic analysis, the least cost path determination through lidar data and the creation of a WebGIS for knowledge sharing. In every single step, only Free/Libre and Open Source Software has been used. In particular the classical topographic analysis, for which human interpretation is still the main component, has been improved in geographic precision and optimized in time-cost thanks to a simple and light GIS like OpenJUMP. On the other hand, for more complex quantity analysis, we used stronger software like GRASS, that satisfied our needs in determining the least cost path between the main nodes of the road network. In this way it has been possible to manage huge amount of data and to investigate a lidar DTM of 1 meter accuracy. In order to avoid mutual influence, this second phase analysis has been kept separate from the classical topographic study, but a continuous human control checked the quality of the results. Finally the creation of a WebGIS, based on MapServer and OpenLayer, allowed to share with the community the basic topographic and archaeological informations of the project. Such a flexible media was the best choice to grant a wide access to the data, thanks to different filters and pre-built queries that simplify the internal browsing of the system.

Introduzione

Le indagini archeologiche e topografiche che stanno interessando dal 2008 la località S. Martino di Vervò e, più in generale, il territorio della Predaia in Val di Non (Trentino), sono state avviate grazie ad uno stanziamento economico triennale assegnato alla Soprintendenza per i beni archeologici della Provincia autonoma di Trento nell'ambito del Patto territoriale della Predaia, che prevede la realizzazione dell'opera "*Castellum Vervassium*: progetto di valorizzazione dell'archeologia anaune". L'intervento della Soprintendenza si pone l'obiettivo di dare un contributo di conoscenza relativamente al ruolo storico-culturale, ancora oggi poco conosciuto, di un territorio particolarmente importante per le vicende umane che ebbero a interessarlo fra preistoria e Medioevo.

Il paese di Vervò è noto da un punto di vista archeologico soprattutto per il ritrovamento di 17 iscrizioni di epoca romana, di cui 16 sacre ed 1 funeraria, avvenuto tra XVIII e XIX secolo. Molte di esse sono state rinvenute nei pressi della chiesa di S. Martino, a monte dell'abitato, a testimonianza della notevole importanza rivestita da questo sito nell'antichità. Tra tutte queste iscrizioni merita particolare attenzione quella con dedica agli dei, tutti *pro salute castellanorum Vervassium*, e

cioè per la salvezza degli abitanti di un *castellum* posto nei pressi dell'odierna Vervò, dove si ritiene esistesse un insediamento d'altura.

Le campagne di scavo archeologico svolte nel 2008 e nel 2009 hanno comportato l'apertura di due settori d'indagine sulla sommità del dosso di S. Martino e la messa in luce di evidenze riconducibili a diverse modalità di frequentazione e a distinte fasi cronologiche, comprese tra l'età del Bronzo Recente (XIII-XII sec. a.C.) e il bassomedioevo. L'intervento del 2009, in particolare, ha permesso l'individuazione di un'ampia area a destinazione cimiteriale, che allo stato attuale delle ricerche possiamo attribuire genericamente all'epoca medievale. Tale area copre la testa rasata di due distinti edifici seminterrati, entrambi scassati da ampie fosse di spogliazione, che saranno oggetto dell'intervento di scavo in programma nel corso del 2010.

A fianco di tali indagini il progetto si è sviluppato sul versante delle ricerche d'archivio e territoriali, in questo caso prendendo in considerazione l'intero territorio della Predaia. Anzitutto è stata operata una ricognizione dei dati relativi alle scoperte archeologiche, riordinati e raccolti in un *database*; la georeferenziazione dei siti riconosciuti ha dato luogo a sintesi e considerazioni concernenti la relazione fra presenze archeologiche e

contesto geomorfologico; l'ulteriore elaborazione dei dati e delle basi cartografiche ha permesso di formulare ipotesi circa l'occupazione del territorio nelle varie epoche, nonché la ricostruzione di probabili itinerari stradali di collegamento della Val di Non con l'importante direttrice costituita dalla Valle dell'Adige.

Lasciando la descrizione puntuale del sistema agli autori, preme sottolineare l'importanza dell'interazione fra le ricerche archeologiche propriamente intese e quelle cosiddette "complementari": sempre più, in effetti, tale "complementarità", si rivela necessaria, poiché integra ed aiuta la lettura dei dati sul terreno. Per tale motivo si è ritenuto opportuno procedere in parallelo su entrambi i versanti, lasciando aperta la possibilità di flusso delle informazioni dall'uno all'altro di questi due ambiti principali. Non solo: la realizzazione di un sistema flessibile costituisce utile premessa ad un suo utilizzo nel tempo, con la possibilità di implementare o aggiornare i dati in esso contenuti non appena ve ne sia l'opportunità.

La libertà offerta da questo tipo di approccio costituisce anche un minimo di garanzia di una certa continuità del progetto, continuità che può essere promossa e sostenuta di volta in volta dalla Soprintendenza o dalle amministrazioni comunali coinvolte, con la regia dell'organo di tutela. Sarebbe importante, infatti, che questo tipo di iniziative andasse oltre l'estemporaneità connessa alla durata del progetto iniziale, trasformandosi in uno strumento di conoscenza e di valorizzazione del territorio: un sistema virtuoso, portato avanti con la partecipazione di professionalità e competenze diverse, sfruttato al meglio dagli enti locali, mediatori fondamentali per il raggiungimento della condivisione con gli abitanti del territorio, su cui tale sistema, inevitabilmente ma positivamente, andrebbe a ricadere.

L.E., N.P.

Sulle tracce di antiche vie nella bassa e media Anania: linee di metodo e strumenti di ricerca

«La ricostruzione della viabilità antica è possibile soltanto attraverso una vasta ricerca interdisciplinare e una complessa operazione di raccolta, confronto e rielaborazione di dati di natura e di provenienza eterogenee».

Tuttavia, «[...] solo attraverso una metodologia rigorosa le informazioni ricavabili dalle fonti più disparate, dai monumenti e dalle tracce sul terreno, dalle anomalie delle fotografie aeree, dalle tradizioni e dalla toponomastica, opportunamente vagliate, possono venir ricomposte in un quadro organico e abbastanza intelligibile [...]»¹. Con queste parole Giovanni Uggeri sintetizzava quel processo di ricerca, oggi divenuto prassi per gli studi di topografia antica, funzionale al riconoscimento, laddove possibile, degli antichi tracciati viari.

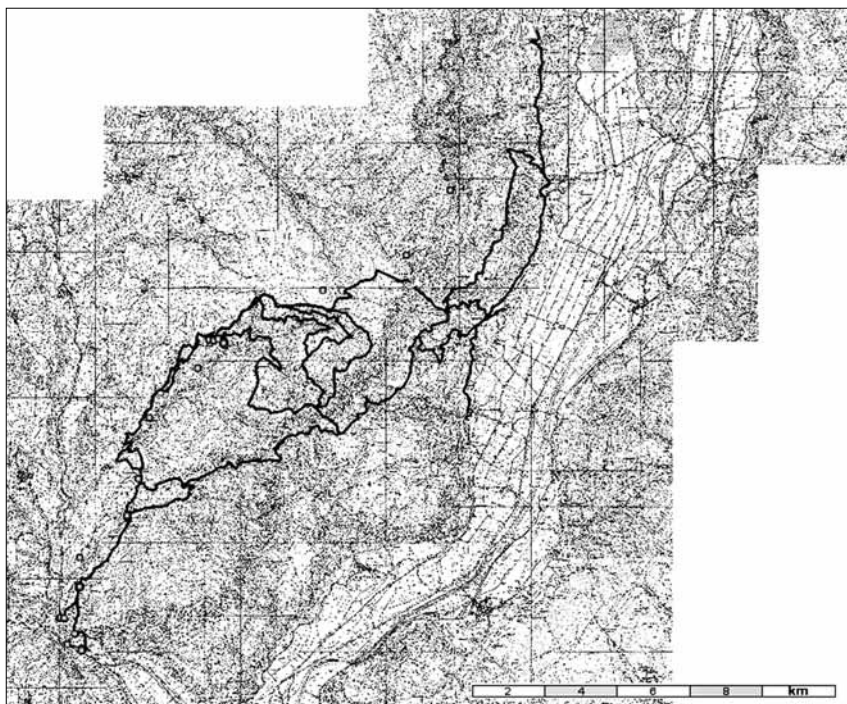
Proprio secondo tali dettami è iniziato, in occasione del progetto *Castellum Vervassium*, uno studio organico e multidisciplinare volto al riconoscimento di alcuni possibili percorsi antichi nella bassa e media Anania, e segnatamente nei comuni di Taio, Ton, Tres e Vervò, iscritti nel "Patto territoriale della Predaia". Si è dunque provveduto al recupero di diverse cartografie, come le tavolette IGM (Istituto Geografico Militare) in scala 1:25000 e le CTP (Carta Tecnica Provinciale della Provincia Autonoma di Trento) in scala 1:10000². Tali supporti, entrambi georeferenziati nel sistema UTM, sono stati inseriti in un GIS (OpenJump, versione 1.3.1), così da consentire un loro raffronto immediato, che ha inevitabilmente mostrato discrepanze, riconducibili al lasso temporale di produzione della cartografia, specchio dei cambiamenti paesaggistici e ambientali, talvolta radicali, avvenuti in questo comprensorio. Per questo motivo le tavolette IGM, maggiormente conservative, sono state lo strumento su cui si è basata in prevalenza quest'indagine preliminare, che dovrà avvalersi, per completare in modo metodologicamente corretto l'intera analisi, di ulteriori elementi e in particolare delle primissime levate dell'Istituto Geografico Militare (fig. 1).

Creata, dunque, il supporto informatizzato su cui lavorare, si è in seguito passati sia ad una rapida disamina delle fonti classiche sia, parallelamente, alla raccolta del materiale bibliografico edito. Nel primo caso le indicazioni appaiono praticamente nulle, poiché gli autori antichi «[...] raramente si soffermano su dettagli paesaggistici relativi alla catena alpina e alle zone ad essa prossime: dei luoghi montani infatti colpiscono soprattutto l'inaccessibilità e la difficoltà, come appare da un significativo passo di Strabone che ne ricorda gli

¹ Uggeri 1994, 91.

² Le prime hanno levate ascrivibili agli inizi del Novecento con

aggiornamenti successivi degli anni '50 e '60; le seconde, invece, sono state realizzate tra il 2001 e il 2007.



1. - Sintesi dei tracciati viari con relative varianti riconosciuti nella cartografia IGM; i punti indicano i rinvenimenti archeologici (elab. M. Frassine).

ostacoli naturali, i dirupi, gli immensi burroni, i blocchi di ghiaccio che rendevano pericoloso o comunque non invitante il passaggio»³.

Dati più puntuali sulle direttrici stradali si riscontrano invece negli *itineraria*, come l'Antonino o la *Tabula Peutingeriana*, che tuttavia si concentrano sulla viabilità principale, non fornendo indicazioni per quella secondaria. Tale aspetto si rispecchia anche nella bibliografia edita, più interessata alle vie di lunga percorrenza, specialmente se in relazione alle zone transalpine⁴, piuttosto che alla rete stradale minore, deficitaria di informazioni soprattutto per l'epoca romana. Fondamentali appaiono pertanto alcuni studi condotti, nei primi anni del Novecento, da Luigi Campi e Virgilio Inama⁵, che sulla base di rinvenimenti archeologici, oggi non sempre collocabili con esattezza, e ragionamenti puntuali, frutto di una profonda conoscenza della realtà territoriale, consentono di ottenere indicazioni preziose

sulla viabilità antica secondaria. Collaborano in tal senso alcune pubblicazioni di ordine locale che, pur non sempre corrette sotto il profilo metodologico, aggiungono tasselli preziosi alla ricerca, con il ricordo, talvolta opinabile⁶, di generiche "strade romane".

Unitamente ai dati provenienti dagli scritti editi, tre sono stati gli ulteriori strumenti d'analisi e segnatamente la carta archeologica, la cartografia e la toponomastica.

Le evidenze archeologiche della Val di Non raccolte e informatizzate da Alessandro Bezzi⁷ hanno consentito, una volta importate nel GIS, una lettura incrociata tra cartografia ed elemento storico-archeologico. Un ampio *database*, correlato a ciascun punto cartografato, ha inoltre permesso di suddividere le informazioni secondo tre ordini di marcatori: nel primo sono stati inseriti i

tratti di carreggiata, le infrastrutture (terrapieni, viadotti ecc.) e gli arredi stradali (miliari); nel secondo si sono racchiuse le aree funerarie e gli insediamenti (ville, impianti rustici etc.), mentre nel terzo i rinvenimenti sporadici di manufatti mobili⁸. La ricerca è stata poi raffinata grazie al 'grado di precisione' associato a ciascun ritrovamento archeologico posizionato (fig. 2). In questo modo si è potuto fin da subito osservare una totale assenza di dati relativi al primo ordine, mentre superiori sono stati quelli pertinenti al secondo, per quanto la spesso scarna documentazione non abbia sempre consentito un'esatta collocazione delle aree funerarie, elementi importanti per il legame con la viabilità: era infatti un «criterio normalmente seguito quello di collocare i monumenti funerari alla vista dei passanti, che [...] vengono talora apostrofati dall'epitaffio»⁹. Il più attestato risulta in assoluto il terzo ordine, che se da un lato fornisce indicazioni di massima sull'eventuale popola-

³ Pesavento Mattioli 2000, 12 (con bibliografia); Strabo 4, 6, 6; cfr. anche Hor. *Carm.* 4, 14, 12.

⁴ Solo per citare alcuni esempi si vedano: Bosio 1970; Alpage Novello 1972; Andreotti Giovannini 1990; Bosio 1991; Bassi 1994; Cason 2001; Rosada 2001; Bassi 2002; Ciurletti 2005; Ciurletti, Pisu 2005.

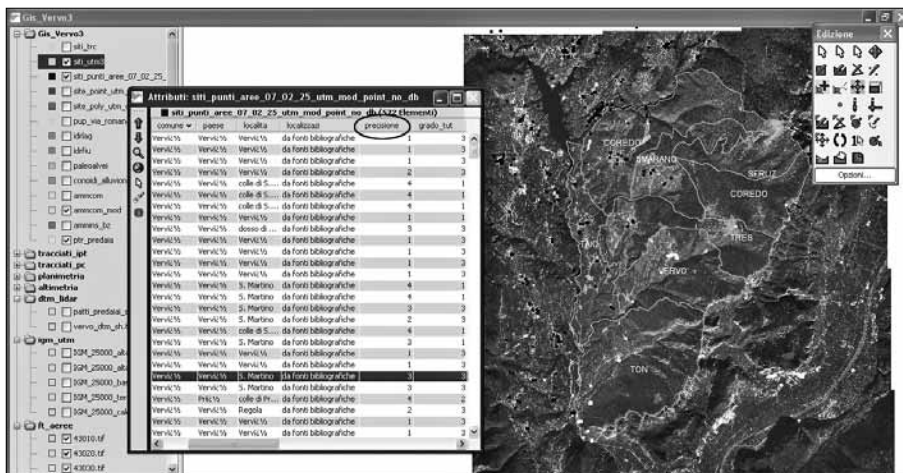
⁵ Cfr. ad esempio Campi 1892; Inama 1891; Id. 1905.

⁶ Cfr. a questo proposito anche Tabarelli 1994, 157.

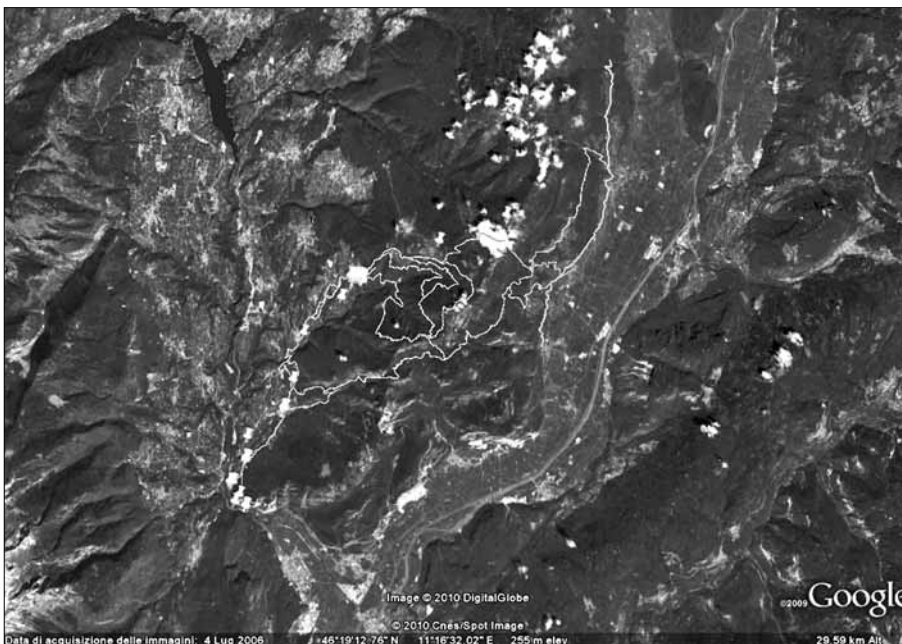
⁷ Bezzi 2005-2006.

⁸ Frassine, Ghiotto 2009, 79.

⁹ Cfr. Uggeri 1994, 93.



2. - Schermata di OpenJump (versione 1.3.1): in evidenza il “grado di precisione” inserito nel database associato ai rinvenimenti archeologici (elab. M. Frassine).



3. - Sintesi dei possibili tracciati con relative varianti nelle immagini telerilevate; i punti indicano le evidenze archeologiche (elab. M. Frassine).

mento della zona, dall'altro non sempre appare chiaramente interpretabile per la ricerca di un tracciato viario.

Ciononostante tali dati sono serviti come indicatori direzionali durante il vaglio dei diversi supporti carto-

¹⁰ Uggeri 1994, 99. La rete stradale della Val di Non è stata realizzata complessivamente nell'arco dell'Ottocento e prima di allora la viabilità, soprattutto quella minore, doveva ricalcare in buona parte quella precedente (cfr. Inama 1905, 17-20; non dissi-

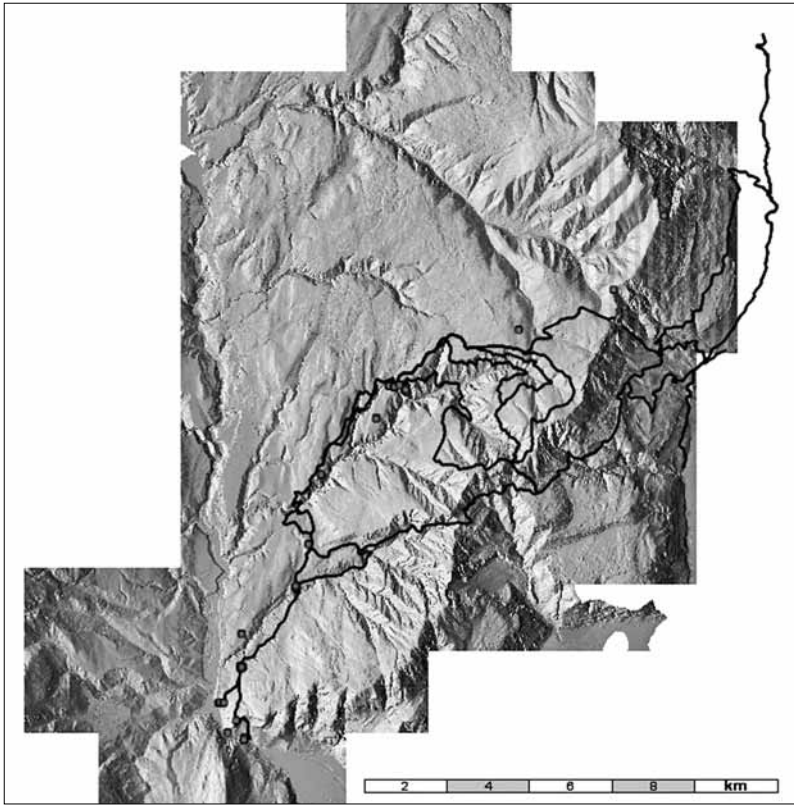
grafici, all'interno dei quali sono stati valutati il grado di conservazione/degenerazione del segno nell'arco del tempo, la morfologia del terreno (quote altimetriche, possibili guadi fluviali, numero di fiumi o torrenti che un tracciato era costretto a superare), la disposizione dei paesi rispetto alle strade limitrofe, nonché l'andamento dei tracciati stessi, sinuosi o rettilinei. Questi ultimi, in particolare, che possono essere indicatori di romanità, talvolta possono anche risultare ingannevoli, dato che «ne furono tracciati successivamente, sia nel periodo della cosiddetta rivoluzione stradale del Dugento, sia nel Settecento e ancor più con lo stato unitario»¹⁰.

A questi strumenti è stata affiancata, come si diceva, l'analisi toponomastica nella speranza di individuare alcuni marcatori, come *antiqua*, *publica*, *regia*, *magna*, *silicata*, ecc., spie di una viabilità passata. Purtroppo, i vari studi toponomastici condotti sulla Val di Non se da un lato evidenziano l'esistenza di un popolamento diffuso confortato da diversi prediali, dall'altro sottolineano la mancanza di nomi direttamente riconducibili al passaggio di antichi assi stradali¹¹.

Questo studio preliminare, che ha portato all'identificazione e alla materializzazione in carta di diversi ipotetici tracciati con relative varianti, si è infine avvalso di immagini telerilevate liberamente fruibili in rete (fig. 3).

mile Ciurletti 2005, 28-29), fatta eccezione per quelle aree instabili sotto il profilo idrogeologico.

¹¹ Per gli studi di toponomastica trentina si rimanda alle diverse pubblicazioni di Mastrelli Anzilotti in bibliografia; si veda inoltre Pfister 1991, 176-177.



4. - Sintesi dei percorsi viari con relative varianti caricate nel DEM; i punti indicano i rinvenimenti archeologici (elab. M. Frassine).

Gli *shape files* creati in ambiente GIS sono stati convertiti in formato KML e importati in Google Earth, sia per un confronto diretto tra elemento cartografato e telerilevato, sia per una più agevole lettura del territorio, altamente interessato da copertura boschiva. Tale espediente in realtà non ha consentito di risolvere, se non in minima parte, il problema vegetazionale che però è stato superato caricando nel sistema un modello virtuale del terreno (DEM *Lidar*), sul quale è stata poi sovrapposta la viabilità riconosciuta, ottenendo al contempo confronti stringenti con i risultati avuti mediante l'utilizzo del *least cost path* (fig. 4)¹².

In questo confronto tra mezzi differenti, ancora implementabili attraverso l'analisi delle ortofoto, dei map-pali catastali e da uno studio più puntuale delle fonti medievali, solo in parte trattate durante la ricerca toponomastica, ci si è avvalsi anche della cartografia storica¹³,

che al momento però non sembra offrire chiavi di lettura significative per l'area in oggetto. Si deve, infine, sottolineare che per completare l'intero *iter* metodologico manca ancora la ricognizione sul terreno, fattore essenziale per un confronto autoptico tra elementi cartografati e realtà odierna, a cui sarà necessario affiancare un quadro geomorfologico di dettaglio, per comprendere se eventuali percorsi re-
litti siano stati cancellati da avvenimenti naturali.

M.F.

Analisi del *least cost path* tra gli abitati di Vervò, Mezzocorona, Roveré della Luna, Magré e Cortaccia

Least cost path: teoria e metodo

A livello archeologico uno degli strumenti informatici recentemente più utilizzati per lo studio della viabilità antica, ed in particolare per la determinazione di percorsi non più visibili sul terreno o di cui si è persa la memoria storica, è il calcolo del *least cost path*. Si tratta di un procedimento automatico per individuare, tra vari percorsi possibili che uniscono due punti, quello che implica un minor costo di attraversamento, dove per costo di attraversamento si intende una funzione matematica tra distanza, tempo, spesa energetica ed altri fattori definibili dall'utente.

Uno degli aspetti principali nel calcolo di un *least cost path* è la *friction surface* (superficie d'attrito), per determinare la quale è necessario definire le principali variabili che influenzano il movimento umano in un determinato territorio. Nella maggior parte degli studi sinora pubblicati, questo parametro è calcolato quasi unicamente in base alla pendenza del terreno. Va notato però che per casi di studio che interessano aree pianeggianti o collinose questa strategia rappresenta una semplificazione eccessiva che relativizza il valore dei risultati¹⁴. Il dato finale è comunque influenzato anche

¹² Cfr. *infra* il contributo di Rupert Gietl.

¹³ <http://gis3.tirol.gv.at/scripts/esrimap.dll?Name=Anich&My->

Aufl=1024&MapIDX=1&Left=.

¹⁴ Weathley, Gillings 2002.

dall'algoritmo utilizzato per i calcoli; alcuni algoritmi permettono ad esempio di inserire barriere nella determinazione del percorso, rendendo la simulazione più attendibile in presenza di fiumi o ostacoli di altro genere. In linea generale si distingue tra algoritmi isotropici ed algoritmi anisotropici¹⁵. L'algoritmo isotropico calcola i costi del percorso senza considerare la direzione del movimento e, per la maggior parte dei casi di studio archeologici, non è utilizzabile a causa dell'enorme differenza energetica che un percorso in salita comporta rispetto ad un percorso in discesa o lungo un fiume. Gli algoritmi isotropici sono comunque alla base del calcolo della *friction surface* qualora questa si componga unicamente di fattori per i quali la direzione del movimento non è importante, come può avvenire nel caso di studi geologici o botanici. Al contrario, gli algoritmi anisotropici sono in grado di considerare anche la direzione del movimento. Per questo motivo, analizzando terreni inclinati, risulta fondamentale tener presente il valore massimo locale di pendenza contenuto all'interno di ogni pixel, relativo alle mappe generate dall'elaborazione di un DTM¹⁶. Questo valore influenza il consumo energetico di una persona in base alla direzione del suo movimento, per cui salendo nella direzione di massima pendenza si raggiunge anche il valore massimo di consumo energetico. Diversamente spostandosi lungo l'isolinea la pendenza non ha più nessun effetto sui costi del percorso (per questo motivo si parla di *pendenza effettiva*). È fondamentale che nella determinazione del *least cost path* il *software* utilizzato sia in grado di calcolare anche questo fattore.

Altrettanto fondamentale è un'ulteriore considerazione: il consumo energetico del movimento su pendenze non aumenta in maniera lineare tra il valore minimo (lungo l'isolinea) e quello massimo (lungo la pendenza). A questo proposito Conolly e Lake¹⁷ hanno dimostrato in laboratorio che il valore minimo di consumo energetico di una persona viene raggiunto scendendo per pendenze tra i 4 e i 6 gradi e non aumenta linearmente fino alla pendenza di 90 gradi.

Il caso di studio Vervò - S. Martino

Per il presente caso di studio il *least cost path* è stato

determinato tramite il *software* GIS GRASS. Le analisi isotropiche dei costi sono state effettuate mediante il modulo *r.cost*, mentre grazie al modulo *r.walk*, ed in particolare alle formule di Aitken e Langmuir¹⁸, è stato possibile calcolare sia parametri isotropici, sia il tempo di viaggio (anisotropico) partendo dalla velocità di marcia in base ai valori di pendenza, direzione, altitudine e distanza. Nello specifico si è cercato di ricostruire la viabilità antica di una parte del territorio pattizio, tenendo in considerazione un nodo centrale (Vervò) e quattro direttrici principali (Mezzocorona, Roveré della Luna, Magré e Cortaccia). Per fare questo si è posizionato il punto origine dei diversi percorsi nel paese di Vervò, in località S. Martino. Quindi si è creata la *friction-surface*, all'interno della quale ogni pixel contiene valori relativi che rappresentano i costi di percorso. Tali costi si accumulano muovendosi attraverso altri pixel in direzione del punto origine. La somma minima dei costi accumulati tra un punto qualsiasi ed il punto di partenza è il *least cost path*.

Grazie al modulo *r.walk* è stato possibile calcolare in che misura la pendenza del terreno influenzasse il tempo di percorso. La pendenza considerata è quella nella direzione del punto di partenza passando sempre attraverso il pixel vicino con i costi minimi. In questo caso si parla di *walking energy*. Partendo da i fattori *friction cost* (isotropico) e *walking energy* (anisotropico), *r.walk* è in grado di calcolare anche i costi accumulati (*cumulative costs*). Attraverso il parametro lambda, inoltre, l'utente può influenzare la relazione tra i due fattori mediante la formula:

$$\text{Cumulative costs} = \text{walking energy} + (\text{lambda} * \text{friction cost})$$

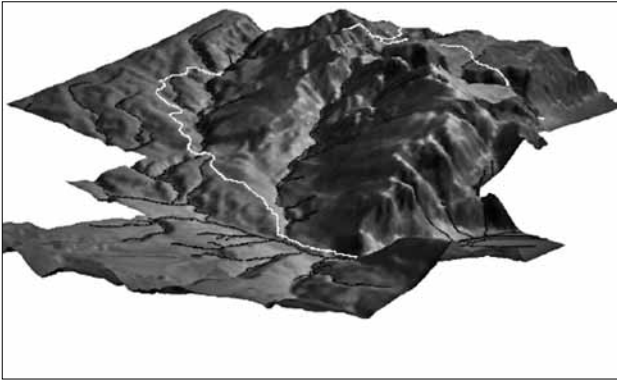
Numerosi test hanno però dimostrato che variazioni del parametro lambda sono in grado di influenzare significativamente i risultati finali solo a patto che un fattore venga sovrastimato rispetto all'altro in un rapporto di 10:1, ed è questa una situazione che nella realtà non può verificarsi. Una volta stabilito il valore dei costi cumulativi, per completare il calcolo del *least cost path*, in GRASS viene di norma utilizzato *r.drain*, un modulo scritto specificatamente per simulazioni idrologiche. Da uno o più punti *r.drain* è in grado di individuare il per-

¹⁵ Conolly, Lake 2006.

¹⁶ Nel caso del presente lavoro ogni pixel ha un'estensione di un metro per un metro.

¹⁷ Conolly, Lake 2006.

¹⁸ Cfr. Aitken 1977 e Langmuir 1984.



5. - *Least cost path* verso il paese di Vervò dagli abitati di Mezzocorona, Magré, Roveré della Luna e Cortaccia: visualizzazione sul modello tridimensionale del terreno (DTM) con passo di campionamento di m 10 (elab. R. Gietl).

corso migliore fino al punto di partenza della *friction-surface*. In questo modo si è potuto determinare il percorso ottimale in direzione Vervò dalle quattro località scelte (fig. 5).

Note tecniche e conclusive

In base ai dati di partenza, le analisi prodotte per il territorio preso in esame si sono concentrate principalmente su un unico dato anisotropico, ovvero la pendenza del suolo. Recenti studi dell'ÖAW (*Österreichische Akademie der Wissenschaften*), in collaborazione con ArcTeam¹⁹, hanno infatti dimostrato che in alta montagna tale fattore risulta essere il più influente, assieme all'idrologia.

Come precedentemente illustrato, il consumo energetico di una persona non aumenta linearmente tra i -4 e

-6 gradi di pendenza (consumo minimo) ed i +90 gradi (consumo massimo). In altre parole, salire un'inclinazione di 45 gradi non è 45 volte più faticoso rispetto al movimento su un dislivello di 1 grado. Per questo motivo la relazione tra l'andamento del suolo ed i costi relativi che provoca è espressa tramite l'equazione non lineare²⁰:

$$\tan(\text{slope}^\circ)/\tan(1^\circ)$$

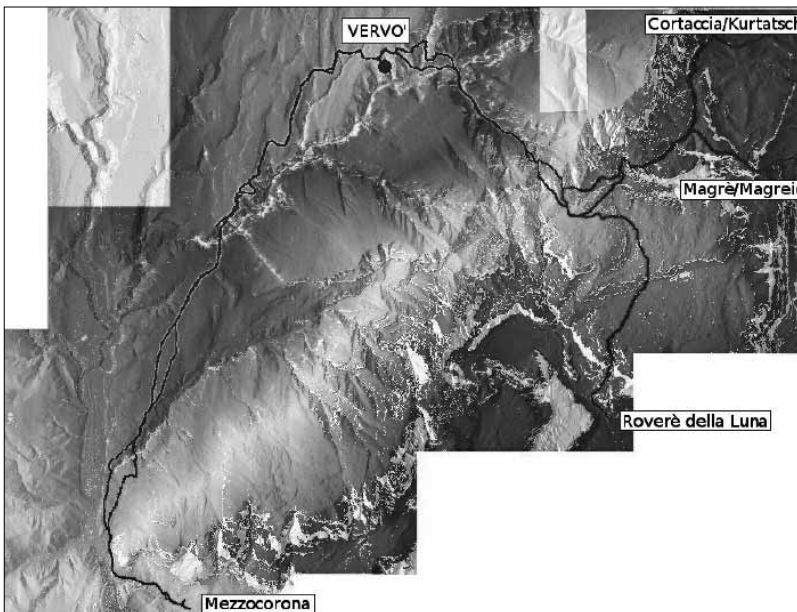
Per una pendenza di 50° l'equazione dà un risultato di $\tan(50)/\tan(1)$: cioè 68,275 in termini di costi relativi. Sulla base di sperimentazioni empiriche si tende a considerare proprio l'inclinazione di 50 gradi come il limite oltre al quale anche lo spostamento lungo l'isolinea comporta costi aggiuntivi.

Per questo motivo, nel presente progetto, sono state escluse dal calcolo della *friction surface* tutte le zone con pendenze superiori ai 50 gradi.

La *friction surface* con punto di origine in Vervò - San Martino (fig. 6) è stata dunque determinata attraverso le seguenti operazioni: in un primo momento la riclassificazione della pendenza del suolo mediante l'equazione $\tan(\text{slope}^\circ)/\tan(1^\circ)$ e conseguente esclusione di tutte le aree con inclinazione superiore ai 50 gradi (equivalenti ad un costo relativo di 68,275); in seguito la determinazione di un buffer di 20 metri su entrambi i lati dei corsi d'acqua presenti nel territorio in esame e conseguente classificazione come barriere di costo relativo 40 (per evitare che il calcolo seguisse lo stesso percorso dell'acqua).

Considerazioni finali

Tutte le analisi necessarie alla determinazione del *least cost path* tra l'abitato di Vervò e le quattro direttrici scelte (Mezzocorona, Roveré della Luna, Magré e Cortaccia) sono state eseguite in parallelo rispetto allo studio topografico classico²¹. Si è infatti scelto di lavorare "a compartimenti stagni" per evitare reciproche influenze, che avrebbero falsato il risultato finale. In questo modo si è potuto arrivare ad un confronto delle infor-

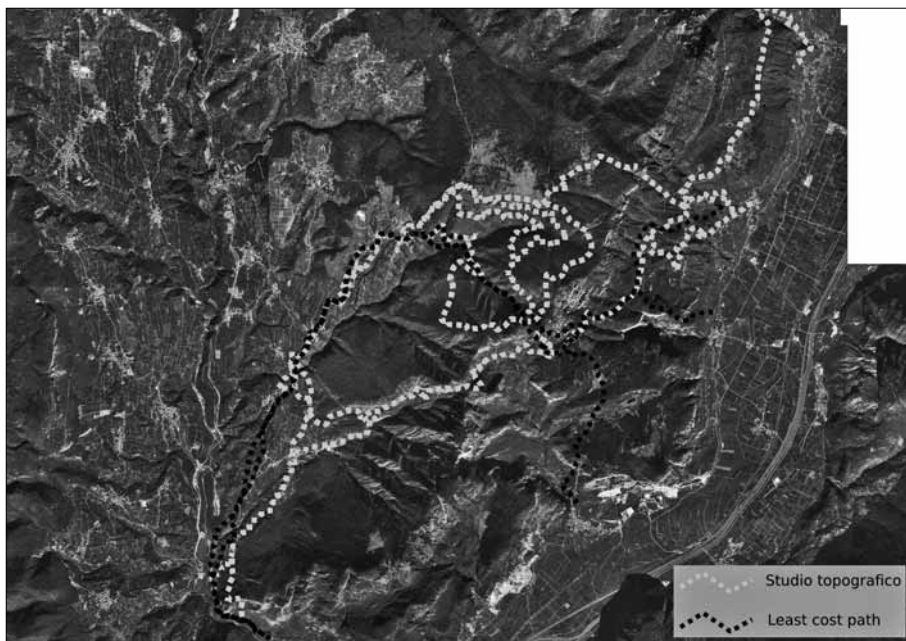


6. - *Friction surface* con punto d'origine nel paese di Vervò: riclassificazione del DTM *lidar* ed esclusione delle aree con pendenza superiore ai 50 gradi (elab. R. Gietl).

¹⁹ Gietl, Doneus, Fera 2007.

²⁰ Bell, Wilson, Wickham 2002.

²¹ Cfr. *supra* il contributo di Matteo Frassine.



7. - Confronto tra i percorsi individuati attraverso lo studio topografico classico e il calcolo informatico del *least cost path* (elab. R. Gietl).

mazioni ricavate da due metodologie diverse, verificandone la correttezza e sperimentando l'effettivo grado di complementarità dei due sistemi. Da questo punto di vista si sono ottenuti buoni risultati in quanto le analisi di natura quasi esclusivamente qualitativa dello studio topografico classico hanno trovato un valido supporto nelle analisi quantitative computerizzate, soprattutto considerando la difficoltà del territorio preso in esame (ambiente montano con prevalente copertura boschiva).

Gli esiti prodotti dalle due metodologie hanno permesso di apprezzare, proprio nei lunghi tratti di sovrapposizione dei percorsi, la validità di un procedimento complessivo, certamente ancora da affinare (fig. 7). Fermo restando, infatti, che gli assi di percorrenza da Vervò a Roverè della Luna e da Vervò a Magrè sono stati inseriti nel calcolo informatizzato solo per verificarne l'effettiva fattibilità (ma non rappresentano, alla luce dei risultati, un'ipotesi realistica), si può notare come il tracciato di *least cost path* tra Mezzocorona e Cortaccia (via Vervò) sia sostanzialmente uguale a quello ipotizzato attraverso lo studio topografico. La divergenza tra i due percorsi, nel tratto Vigo d'Anania - Rocchetta, è dovuta al fatto che l'analisi computerizzata non è stata volutamente calibrata, a differenza dell'analisi umana, con le evidenze archeologiche presenti sul territorio, in modo da ottenere un risultato basato esclusivamente su valori morfologici e

idrologici; la calibrazione archeologica del *least cost path* verrà comunque eseguita in una nuova fase di studio.

R.G.

WebGIS per il "Patto Territoriale Predaia"

Database

Il presente *database* ha come scopo quello di migliorare il controllo sul territorio delle aree archeologiche e dei reperti rinvenuti. La catalogazione sistematica e l'aggiornamento costante della banca dati può rappresentare un valido strumento di pianificazione degli interventi di indagine e di tutela.

La struttura del *database* permette la gestione sia dei dati alfanumerici sia di quelli geografici; i *software* utilizzati per la modellazione delle tabelle sono PostgreSQL (versione 8.3.8) e la sua estensione spaziale Postgis.

Sebbene il territorio preso in esame comprenda un'area ben definita della provincia di Trento, il *database* ha una struttura "aperta" in modo da poter essere facilmente implementato inserendo nuove aree territoriali, sia interne che esterne ai confini provinciali.

Applicazione Webgis

La programmazione di un applicativo *web* per la visualizzazione e la gestione dei dati, sia alfanumerici sia geografici, presenti nel *database*, rappresenta la seconda fase del progetto (fig. 8). Nella fase di analisi, preventiva alla realizzazione del *software*, sono state prese in considerazione diverse soluzioni. Determinante per la scelta della strategia migliore è stato il carattere "informativo", elemento fondamentale del progetto. La condivisione delle informazioni relative al territorio del Patto rappresenta un punto di forza e di innovazione del progetto stesso; a questo va aggiunta la necessità, da parte dell'Amministrazione Provinciale, di poter gestire autonomamente e nel modo più semplice possibile le aree di

interesse archeologico e i reperti provenienti da esse.
 La soluzione scelta è stata di unire queste due caratteristiche in un unico applicativo *web*.

L'interfaccia grafica

Uno step impegnativo è stato la costruzione dell'interfaccia grafica per la gestione e la consultazione dei dati.

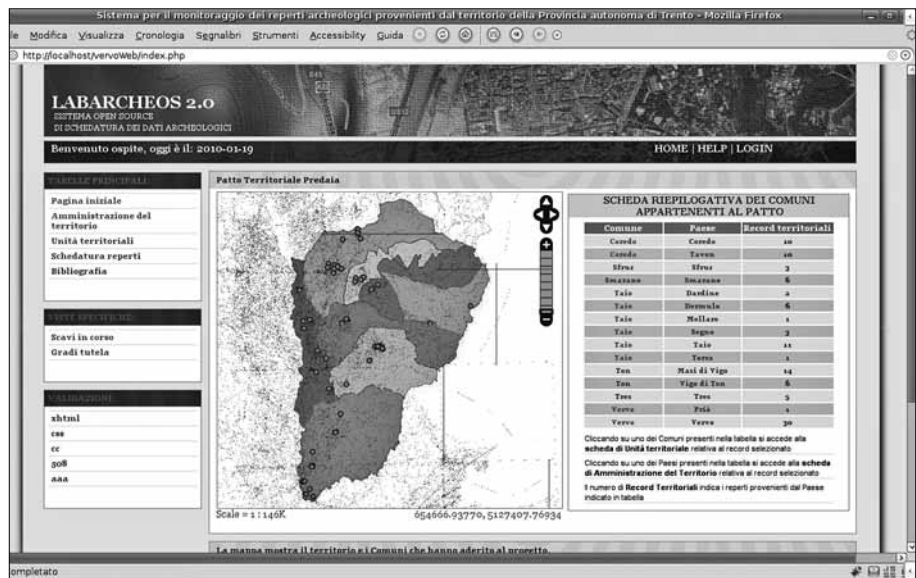
Per quanto riguarda la struttura si è cercato di seguire, dove possibile, le direttive del W3C (*World Wide Web Consortium*) in materia di accessibilità di un sito internet. Il *layout* è interamente gestito da diversi fogli di stile (*CSS 2- Cascading Style Sheet*), uno per i contenuti generali, uno per la parte geografica e uno per la stampa. La struttura del sito è ottimizzata per la visualizzazione con *browser* Firefox²².

Altra caratteristica dell'interfaccia grafica è la sua struttura "modulare": le parti principali e quelle comuni a tutte le pagine sono gestite da file esterni e incluse all'interno della struttura tramite richiami in php o javascript.

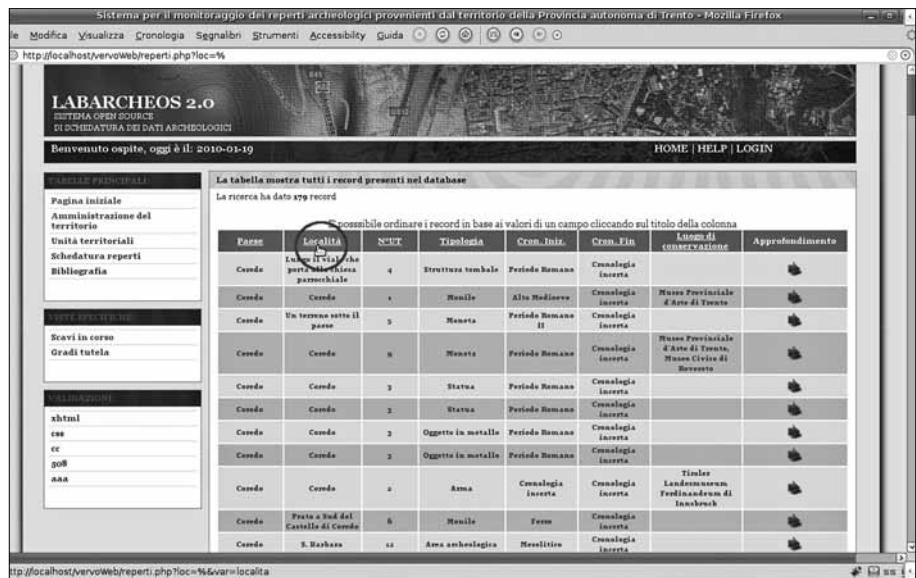
Per rendere il più semplice possibile la visualizzazione e la "navigazione" all'interno del portale, si è deciso di mostrare i dati in formato "tabellare", in modo da avere una visione d'insieme dei dati presenti nel *database* per ogni tipologia d'informazione. Per semplificare la consultazione dei dati relativi ad una tabella, è stato creato un sistema di "filtri" che ordina i dati in base al titolo della colonna: cliccando sul titolo della colonna tutti i record verranno ordinati in maniera crescente sulla base dei dati presenti nella colonna specifica (fig. 9).

Per quanto riguarda la ricerca dei *record*, la soluzione

²² Tale scelta si è resa necessaria poiché, sebbene Explorer sia uno dei *browser* più usati, non è "standard compliant", il che si-



8. - Home Page del progetto (elab. G. Naponiello).



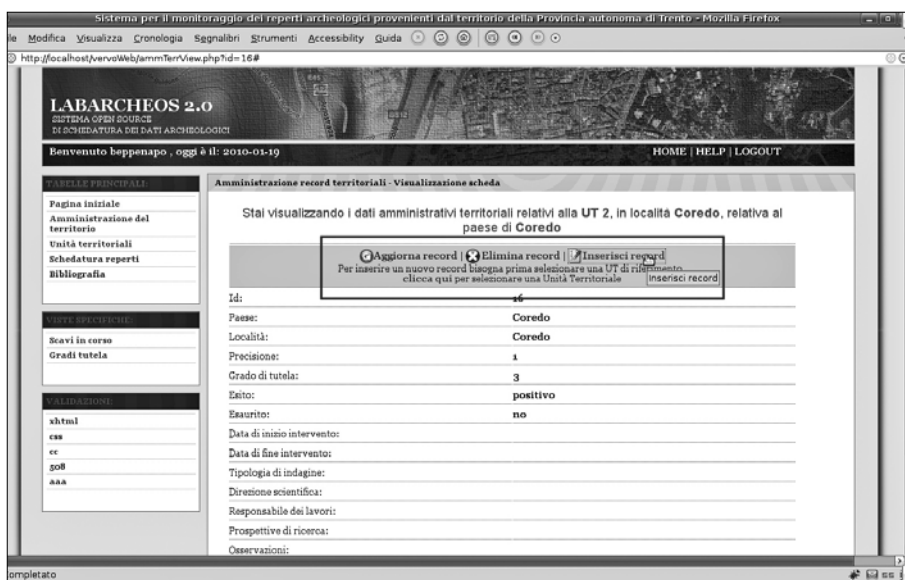
9. - L'immagine mostra la visualizzazione in formato tabellare. Il cerchio indica il titolo della colonna usato come filtro per l'ordinamento dei dati (elab. G. Naponiello).

proposta consiste nel rendere il valore di ogni campo una chiave di ricerca: ogni tabella mostra le informazioni principali, cliccando su un valore presente nella tabella verrà lanciata una *query* basata sul valore stesso. Individuato il *record* di interesse, un apposito pulsante permette di accedere alla scheda completa per quel record.

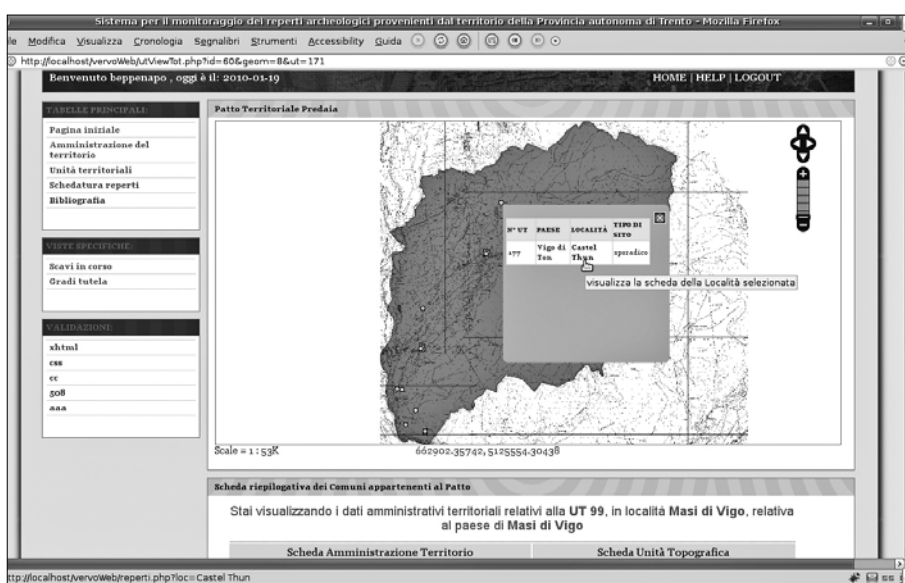
Login e gestione dei dati

Oltre alla visualizzazione e alla ricerca dei *record*, è possibile effettuare operazioni sui dati come l'inserimento, la modifica o l'eliminazione. Tali operazioni sono permesse previa autenticazione tramite *login*. Una volta abilitato, l'utente visualizzerà un "menù contestuale" per la gestione dei dati non visibile da un utente

gnifica che non è assicurata l'"interoperabilità" con probabili errori in fase di visualizzazione.



10. - Menù contestuale, visibile solo dopo aver effettuato il login (elab. G. Naponiello).



11. - Finestra con le informazioni relative all'elemento selezionato (elab. G. Naponiello).

normale (fig. 10). Un sistema automatico di controlli sulle azioni effettuate dall'utente assicura che ogni operazione vada a buon fine.

La gestione dei dati geografici

Il sistema è stato configurato per la gestione "integrata" dei dati geografici. Tra le diverse soluzioni possibili per la gestione e la consultazione di dati cartografici, la scelta è ricaduta su OpenLayers²³, librerie JavaScript

che permettono di integrare mappe geografiche all'interno di qualsiasi pagina web. La tecnologia alla base del progetto OpenLayers permette non solo di visualizzare ma anche di interrogare dati geografici provenienti da fonti diverse. La scelta di OpenLayers ha permesso di integrare in maniera semplice e potente i dati geografici a quelli alfanumerici, rendendone la consultazione veloce e immediata. I dati geografici presenti nel database sono stati richiamati tramite protocollo WFS (Web Features Service).

I dati puntuali, che rappresentano le Unità Territoriali monitorate, sono interrogabili: cliccando su un punto si apre una finestra pop-up con il nome del Paese e del Comune di appartenenza e il numero identificativo dell'UT. I record individuati rappresentano un link alla relativa tabella (fig. 11). Nella home page del progetto è visibile una mappa con tutti i Comuni che aderiscono al Patto Territoriale Predaia. Selezionando un Comune dalla tabella presente accanto alla mappa è possibile accedere ad una pagina con le informazioni relative a tale Comune, corredata da una mappa specifica con tutte le Unità territoriali

presenti nel Comune selezionato. Allo stesso modo è possibile selezionare una UT, accedendo alla relativa scheda di approfondimento corredata, anche in questo caso, da una mappa a grande scala. Per la visualizzazione delle mappe, oltre ai confini comunali e alle Unità Territoriali (rappresentate da entità puntuali) è stato uti-

²³ <http://www.openlayers.org/>.

lizzato un mosaico delle carte tecniche relative al territorio oggetto del presente studio²⁴.

G.N.

²⁴ È previsto l'utilizzo di un modello digitale del terreno.

Bibliografia

- Aitken R. 1977, *Wilderness areas in Scotland*, Unpublished Thesis, Aberdeen.
- Alpago Novello A. 1972, *Da Altino a Maia sulla via Claudia Augusta: quam Drusus pater Alpibus bello patefactis derexerat*², Feltre (Belluno).
- Andreotti Giovannini G. 1990, *Geografia delle peregrinationes maiores medievali nella regione trentino-tirolese*, Trento.
- Bassi C. 1994, *I trasporti fluviali in Trentino-Alto Adige durante l'età romana*, in Quilici L., Quilici Gigli S. (eds.), *Strade romane. Percorsi e infrastrutture*, ATTA, 2, 237-248.
- Bassi C. 2002, *La via fluviale dell'Adige nel tratto Pons Drusi - Verona*, in Schnekenburger G. (ed.), *Attraverso le Alpi: uomini, vie e scambi nell'antichità*, Stoccarda, 83-91.
- Bell T., Wilson A., Wickham A. 2002, *Tracking the Samnites: landscape and communication routes in the Sangro Valley, Italy*, *AJA*, 106(2), 174-176.
- Bezzi A. A. A. 2005-2006, *Realizzazione di un sistema informatico per la gestione delle evidenze archeologiche. Un prototipo sperimentale per la Valle di Non (TN)*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Padova, relatore A. De Guio, correlatore F. Nicolis.
- Bosio L. 1970, *Itinerari e strade della Venetia romana*, Padova.
- Bosio L. 1991, *Le strade romane della Venetia e dell'Histria*, Padova.
- Campi L. 1892, *Scoperte archeologiche fatte a Vervò nell'Annaunia*, Annuario della Società degli Alpinisti Tridentini (SAT), XVI, Rovereto (Trento), 29-39.
- Cason E. (ed.) 2001, *Uso dei valichi alpini orientali dalla preistoria ai pellegrinaggi medievali*, Udine.
- Ciurletti G. 2005, *Vie di comunicazione e itinerari attraverso le Alpi nella regione atesina fra antichità e medioevo*, in De Finis L. (ed.), *Itinerari e Itineranti attraverso le Alpi dall'Antichità all'Alto Medioevo*, Atti del Convegno (Trento, 15-16 ottobre 2005), Trento, 17-33.
- Ciurletti G., Pisu N. (eds.) 2005, *I territori della Via Claudia Augusta: incontri di archeologia/ Leben an der Via Claudia Augusta: archäologische beiträge*, Trento.
- Conolly J., Lake M. 2006, *Geographic Information Systems in Archaeology*, Cambridge, 215-220.
- Gietl R., Doneus M., Fera M. 2007, *Cost Distance Analysis in an Alpine Environment: Comparison of Different Cost Surface Modules*, in Posluschny A., Lambers K., Herzog I. (eds.), *Layers of Perception. CAA 2007. Computer Applications and Quantitative methods in Archaeology*, Proceedings of the 35th Conference (Berlin, 2-6 April 2007). Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte Vol. 10, Bonn.
- Frassine M., Ghiotto A. R. 2009, *Sulle tracce della via Annia: per una ricerca sistematica di un asse viario*, in Veronese F. (ed.), *Via Annia. Adria, Padova, Altino, Concordia, Aquileia. Progetto di recupero e valorizzazione di un'antica strada romana*, Atti della Giornata di Studi sulla Via Annia (Padova, 19 giugno 2008), 77-79.
- Inama V. 1891, *Antichi castelli romani nella Val di Non*, Archivio Trentino, X, 1-37.
- Inama V. 1905, *Storia delle valli di Non e di Sole nel Trentino dalle origini fino al secolo XVI²*, Trento.
- Langmuir E. 1984, *Mountaincraft and leadership*, Edinburgh.
- Mastrelli Anzilotti G. 1974-1981, *I nomi locali della Val di Non*, I-III, Firenze.
- Mastrelli Anzilotti G. 1978, *Romanità in Val di Non*, in Rigotti A. (ed.), *Romanità del Trentino e di zone limitrofe*, Atti della Accademia Roveretana degli Agiati, I, II, Rovereto (Trento), 81-89.
- Mastrelli Anzilotti G. 2003, *Toponomastica trentina. I nomi delle località abitate*, Trento.
- Pesavento Mattioli S. 2000, *Il sistema stradale nel quadro della viabilità dell'Italia nord-orientale*, in Buchi E. (ed.), *Storia del Trentino II. L'età romana*, Bologna, 11-46.
- Pfister M. 1991, *La popolazione del Trentino-Alto Adige verso l'anno 600*, in Menis G. C. (ed.), *Italia longobarda*, Venezia, 175-225.
- Rosada G. 2001, *Sessant'anni dopo. Per capire una strada*, in *La via Claudia Augusta Altinata*, ristampa anastatica dell'opera edita nel 1938, Venezia, XI-XXXI.
- Tabarelli G. M. 1994, *Strade romane nel Trentino e nell'Alto Adige*, Trento.
- Uggeri G. 1994, *Metodologia della ricostruzione della viabilità romana*, *JAT*, IV, 91-100.
- Wheatley D., Gillings M. 2002, *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Applications of GIS*, London-New York.

Abbreviazioni bibliografiche

- AJA = American Journal of Archaeology
 ATTA = Atlante Tematico di Topografia Antica
 JAT = Journal of Ancient Topography

