

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE



INAUGURAZIONE ANNO ACCADEMICO 2007-2008

1982 ■ *venticinque anni dell'Università degli Studi del Molise* ■ 2007

Paolo Mauriello

*Geofisica e beni culturali:
coincidenza degli opposti?*

Campobasso 11 ottobre 2007

“La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l’universo), ma non si può intendere se prima non s’impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne’ quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto.”

Galileo Galilei, *Il Saggiatore*.

Intorno al 1830 Michael Faraday in Inghilterra ed indipendentemente Joseph Henry negli Stati Uniti scoprirono che quando un campo magnetico varia nel tempo si può indurre in un circuito chiuso una forza elettromotrice, generando quindi nel circuito un passaggio di corrente. La scoperta, nota come fenomeno dell'induzione elettromagnetica, va ricordata sicuramente come una delle più importanti della fisica in quanto permise di comprendere che era possibile convertire l'energia meccanica in energia elettrica e viceversa. Il grande fisico Richard P. Feynman, dice: "Nello stesso tempo che si sviluppava una comprensione dei fatti dell'elettromagnetismo, apparivano possibilità tecniche che sfidavano l'immaginazione delle precedenti generazioni: divenne possibile inviare segnali a grandi distanze per telegrafo; parlare ad altre persone lontane delle miglia senza alcuna connessione intermedia; far funzionare reti elettriche di enorme potenza:[...]; tutto ciò funziona perché conosciamo le leggi dell'elettromagnetismo. Oggi troviamo applicazioni per effetti anche più sottili. I nostri strumenti sono così delicati che possiamo dire ciò che un uomo fa dal modo con cui altera il moto degli elettroni in un'asticella metallica centinaia di miglia distante. Tutto quello che occorre è di adoperare l'asticella come antenna per un televisore!".

Alla scoperta dell'induzione elettromagnetica si deve l'enorme sviluppo che l'elettricità ha avuto nel ventesimo secolo. James Clerk Maxwell, partendo dall'osservazione che il magnetismo poteva generare fenomeni di tipo elettrico introdusse il concetto di corrente di spostamento, definendo un sistema completo di equazioni per l'elettromagnetismo. Alla fine del diciannovesimo secolo i fisici ritenevano che esistesse una sostanza chiamata "etere" che permeava tutto lo spazio: grazie all'etere forze come quelle gravitazionali, elettriche e magnetiche, potevano trasmettersi ed agire a distanza. Anche Maxwell era convinto dell'esistenza dell'etere ed in base a ciò introdusse l'idea di un campo di forza che pervadeva tutto lo spazio ed alla propagazione attraverso un mezzo meccanico veniva così sostituita l'azione a distanza dei campi. Maxwell introduceva in tal modo il concetto di onde elettromagnetiche e dalla sua teoria derivava tra l'altro che la luce fosse riconducibile alla propagazione di un campo elettromagnetico (Jackson, 1984).

Lo stesso Einstein affermò che "questo cambiamento nella concezione della realtà è il più profondo e il più fruttuoso di tutti quelli avvenuti nella fisica dal tempo di Newton". Maxwell pubblicò le sue ricerche nel 1865 con il lavoro *A dynamical theory of the electromagnetic field* sulla rivista *Philosophical transactions* della Royal Society of London.

L'opera di Maxwell trovò la sua definitiva conferma nel 1887 quando Heinrich Hertz riuscì a dare una conferma sperimentale dell'esistenza delle onde elettromagnetiche.

Più o meno negli stessi anni, si concludevano i lavori per la costruzione della strada statale che doveva collegare, attraverso il passo del Piccolo San Bernardo, l'Italia alla Francia. Da allora, il percorso della strada romana per il Piccolo San Bernardo (*Alpis Graia*), a noi noto grazie alle mappe e agli itinerari antichi, come ad esempio la Tabula di Peutinger, andava sempre più in disuso. Il valico del Piccolo San Bernardo da sempre è stato uno dei punti nodali per le comunicazioni sulle Alpi, a cominciare già dalla fine del Neolitico. L'antico tracciato risaliva da Ivrea, attraversava Aosta, andava sino a La Thuile, passava per il colle del Piccolo San Bernardo, per poi scendere verso Séez e percorrere la valle dell'Isère sino a dirigersi a Lione. La strada non ha conosciuto molte modifiche ed è stata la sola via di comunicazione tra i due versanti, sino alla realizzazione, come detto in precedenza, della Strada Statale 26, conclusa nel 1873, che si connetteva con la Route Nazionale 90, realizzata nel 1866 da parte francese. Da questo momento l'antica strada diventa viabilità secondaria ed assume una rilevanza esclusivamente militare nella parte più alta del suo tracciato. In molti punti del suo percorso, le tracce dell'antica strada si perdono completamente.

Forse neppure Maxwell immaginava che il suo geniale lavoro di includere all'interno di poche equazioni dal punto di vista formale eccezionalmente eleganti poteva un giorno servire ad inseguire le flebili tracce di quel tracciato stradale ed a portare un contributo alla comprensione di un problema tipicamente storico ed archeologico che spazia su diverse centinaia di migliaia di anni. In effetti, che una disciplina scientifica quale la fisica potesse servire in vari campi è noto agli scienziati da molto tempo. Uno dei più grandi geofisici del diciannovesimo secolo, Luigi Palmieri (direttore dell'Osservatorio Vesuviano negli anni 1855-1896, nonché esperto di logica e metafisica), dà la seguente definizione: "La Fisica, come suona il vocabolo, fu da prima la scienza della natura; ma la natura nella moltitudine de' suoi aspetti non potea lungamente essere abbracciata da una sola disciplina, e però col progresso delle cognizioni dovevano mano a mano da quel tronco primitivo rampollare molti rami che poi rappresentar doveano altrettante scienze distinte, le quali oggi scienze fisiche e naturali soglionsi addimandare".

In questa prolusione vorrei parlare di geofisica, ma non delle sue metodologie di applicazione, dei suoi strumenti e dei suoi metodi di elaborazione del dato, quanto mostrare come anche la fisica possa avere un suo spazio all'interno di problemi che apparentemente sono di tutt'altra natura quali quelli dei beni culturali. La geofisica è l'applicazione dei principi della fisica allo studio della Terra. Come è noto, lo scopo della geofisica pura o teorica è quello di dedurre le proprietà fisiche della Terra e la sua costituzione

interna dai fenomeni fisici associati ad essa: ad esempio, il campo geomagnetico, la distribuzione dei flussi di calore, la propagazione delle onde sismiche, il campo gravitazionale etc. D'altra parte, l'obiettivo della geofisica applicata è quello di investigare con una risoluzione molto elevata e ad una scala relativamente più piccola caratteristiche più superficiali presenti nella crosta terrestre. Tipicamente l'investigazione di queste caratteristiche fornisce un contributo importante a problemi pratici quali la ricerca petrolifera, l'individuazione di risorse idriche, l'esplorazione mineraria, la ricerca di inquinanti, le costruzioni di ponti e strade e l'ingegneria civile. Molto spesso l'applicazione geofisica, combinata con informazioni geologiche, offre l'unica possibilità per una soluzione di questi problemi (Parasnis, 1997).

Oggi, i metodi di prospezione geofisica cominciano ad essere sempre più frequentemente adoperati nell'indagine di siti di interesse archeologico e, in generale, nello studio di problemi inerenti il patrimonio culturale. L'obiettivo è analogo a quello incontrato nelle scienze mediche, dove le tecniche ecografiche e tomografiche per la visualizzazione dell'interno del corpo umano sono uno strumento essenziale nelle procedure di diagnosi. Per quanto riguarda le scienze archeologiche, la geofisica applicata fornisce la possibilità di ottenere informazioni indirette sulla presenza e sullo stato di conservazione di strutture sepolte e contribuisce alla progettazione di un intervento di scavo archeologico. Volendo riassumere il modo in cui ciò avviene, diciamo che il procedimento passa attraverso il concetto di anomalia. Supponiamo di realizzare sulla superficie di una determinata area archeologica o di un monumento alcune misure di un determinato campo fisico, sia esso gravimetrico, magnetico o elettromagnetico. Se il sottosuolo fosse tutto perfettamente omogeneo, indipendentemente dalla posizione in cui si effettua la misura, otterremmo sempre lo stesso valore. Ipotizzando, invece, che in una certa posizione del sottosuolo sia presente un corpo con proprietà fisiche diverse rispetto al materiale circostante, quando lo strumento di misura passa in corrispondenza del corpo, il valore misurato tende a discostarsi dal valore imperturbato ed il campo fisico osservato assume, pertanto, quella che si definisce anomalia, ossia una variazione rispetto a quel valore di riferimento relativo ad una situazione omogenea.

Ciò che la geofisica applicata vuol fare è definire, sulla base di queste variazioni, e quindi sull'osservazione dell'anomalia, la natura e la geometria dei corpi sepolti, e proporre come obiettivi la definizione di:

- metodi e strumenti per la misura di parametri fisici;
- procedure matematiche per ricavare le caratteristiche delle strutture del sottosuolo (il cosiddetto modello) sulla base delle osservazioni.

Di campi fisici da misurare ne esistono diversi: ognuno di questi può fornire informazioni sulla corrispondente proprietà fisica che lo ha generato. Uno dei problemi fondamentali è proprio quello di capire, per un particolare problema in esame, quale parametro misurare e studiare per ottimizzare la caratterizzazione delle strutture sepolte.

Ritornando al problema della strada romana, proprio l'applicazione di indagini geofisiche può fornire un contributo determinante nell'individuazione dell'antico percorso nei punti dove più vaghe sono diventate le sue tracce.

Prima però di discutere le metodologie di indagine adoperate vorrei soffermarmi su quello che può significare, da un punto di vista di principio, l'utilizzo di metodologie scientifiche in un problema spiccatamente umanistico.

La netta distinzione tra sapere umanistico e sapere scientifico è forse l'eredità più pesante della nostra cultura moderna che, se da un lato può lecitamente vantarsi di essere giunta oggi ad acquisizioni rivoluzionarie in ogni campo, dall'altro non può più chiudere gli occhi dinanzi ad una sorta di "deriva specialistica" che ha danneggiato sensibilmente la comunicabilità fra i vari campi dello scibile e che d'altra parte è direttamente osservabile in tanti corsi di laurea. Non che si debba ritornare, a mio avviso, ad un vecchio modo di fare cultura e studiare, ma alcune antiche specificità di impostazione metodologica credo possano e debbano senz'altro ancora oggi indicarci la strada. Per spiegare tutto, mi piacerebbe partire da un'osservazione curiosa: una tradizione secolare (se non millenaria) ha coniato per l'ambito delle scienze l'espressione "filosofia della natura"; d'altro canto in epoca odierna è invalso l'uso di denominare discipline quali la filosofia, la psicologia, la sociologia ed altre, con la locuzione "scienze umane" (la facoltà di cui faccio parte si chiama appunto "Facoltà di scienze umane e sociali"). Mi pare evidente che ci troviamo di fronte ad una singolare "inversione di polarità". Ma quel che qui mi preme non è stabilire una volta per tutte quale debba essere il polo privilegiato, bensì cercare di capire fin dove una eccessiva dicotomia in tal senso possa rappresentare un pesante ostacolo al progresso umano. Che non si tratti semplicemente di un problema verbale può risultare chiaro da parecchi fenomeni, in Italia soprattutto particolarmente evidenti. Il nostro sistema scolastico è nella sua sostanza ancora debitore di una visione marcatamente idealistica della cultura; e dunque non solo di una separazione piuttosto netta dei rami disciplinari, ma anche di una ben più gravosa "struttura" che si ripercuote a livello socio-politico. Gli stessi Giovanni Gentile e Benedetto Croce non hanno mai fatto mistero di

avere una conoscenza delle matematiche meno che elementare e, pur non volendo muovere delle critiche retroattive, è almeno opinabile che si possa fare molta strada seguendo questa traccia.

Vorrei fare un esempio legato alla mia attività di geofisico per i beni culturali. Spesso il geofisico viene interpellato dall'archeologo per conoscere quali sono i punti di un sito dove è più probabile trovare strutture sepolte. In passato, discipline come la geofisica o la geologia venivano chiamate scienze sussidiarie, nel senso che l'informazione che il "tecnico" poteva fornire all'archeologo era considerata assolutamente marginale, uno strumento intermedio nella sua ricerca archeologica. È come se il geofisico attendesse i risultati dello scavo esclusivamente per verificare la bontà del suo risultato. Forse il modo giusto di procedere sarebbe quello di una completa sinergia, nella convinzione di pari dignità tra le discipline.

Quello che vorrei sottolineare, lontano da ogni ragionamento filosofico che non mi appartiene, è il pericolo di perdere di vista un altro problema, vecchio come la cultura e la civiltà occidentali stesse, ma ora più che mai vivissimo: l'unità del sapere. Alla base dell'organizzazione universitaria almeno un'idea di questa "unità" deve esserci, a partire dal semplice non rinunciarvi. Ricordando quanto si è osservato in precedenza, direi che finora il problema dell'"unità del sapere" è stato segnato da varie teorie monopolizzanti, che hanno teso a vedere, ora nel mondo delle lettere ora nel mondo dei numeri, il linguaggio dominante. Credo che sia questo, dunque, il nodo da superare, e il reale superamento di questa dicotomia potrebbe davvero diventare il più importante strumento metodologico ed interdisciplinare dell'epoca odierna. Ma anche questo tipo di impostazione necessita di adeguati "freni". La direzione non deve essere quella di un acritico ritorno al passato, quando v'era un'effettiva unità delle attività intellettuali a scapito di una maggiore lentezza e di un minor rigore. Leonardo diceva: "Si come ogni regno in sè diviso è disfatto, così ogni ingegno diviso in diversi studi si confonde e indebolisce". In un sistema che sembra quotidianamente aprire nuove frontiere di ricerca o di speculazione, che vede un proliferare di indirizzi specialistici, l'ideale potrebbe essere l'abitudine di favorire il coagularsi delle discipline in molteplici rami operativi che già alla base risultino "interdisciplinari"; il che di fatto già avviene in vari atenei, anche se non con sistematicità. In questo modo si eviterebbe il rischio di una pericolosa "nostalgia" per un passato in cui l'intellettuale accademico era chiamato ad esprimersi sulle questioni più svariate, e si manterrebbe almeno in teoria la possibilità che ci si intenda sulla base di interessi comuni e di linguaggi comuni. Volendo paragonare l'attività intellettuale dell'uomo ad un intermi-

nabile viaggio, è pur vero che infittire la rete dei percorsi agevolerà tutti i collegamenti, da quelli più brevi a quelli di più ampio raggio.

Chiusa dunque questa digressione, vorrei adesso entrare maggiormente nel merito di talune questioni metodologiche inerenti la geofisica, per mostrarne la stretta connessione con i problemi relativi ai beni culturali. Mostrerò due diversi tipi di prospezione geofisica: il metodo geoelettrico, utilizzato per lo studio dell'antica viabilità sul Piccolo San Bernardo, ed il metodo elettromagnetico, con il quale è stato indagato il territorio di San Giuliano del Sannio, qui nel Molise.

Il territorio del Piccolo San Bernardo si estende geograficamente da Séez a La Thuile. La porzione del valico, a circa 2200 metri di quota, si estende per circa due chilometri: sono ancora presenti in ottimo stato di conservazione, grazie forse alle rigide condizioni meteorologiche che hanno impedito all'uomo con la sua presenza di recare troppi danni, resti di architetture militari di sbarramento del passo su entrambi i versanti della valle. Sulla parte sommitale, in un pianoro di poco più di un chilometro, esistono evidenze archeologiche ed architettoniche di fasi storiche molto distanti tra loro. Un *cromlech* preistorico a pochi metri da due *mansiones* romane, qualche traccia della via delle Gallie, il sentiero medievale, le trincee sarde del Principe Tommaso; blocchi anti-carro della seconda guerra mondiale e bunker ancora visitabili, fino ad arrivare all'archeologia dei giorni nostri con le dogane ed i posti di controllo ormai non più utilizzati dalla firma del trattato di Shengen.

Notizie complete possono trovarsi sul sito www.alpisgraia.org creato dalla Regione Autonoma Valle d'Aosta per il progetto Interreg IIIA "Alpis Graia", Archéologie sans frontières au Col du Petit Saint Bernard e sugli atti del seminario di chiusura dello stesso progetto.

L'antica strada romana, come detto in precedenza, risaliva da Ivrea ad Aosta e da lì si biforcava per raggiungere il *Summus Poeninus* (Gran San Bernardo) e l'*Alpis Graia* (Piccolo San Bernardo). La via delle Gallie, così come appunto si definisce l'antica strada romana, è caratterizzata in alcuni tratti da imponenti opere ingegneristiche con sostruzioni, ponti e tagli di roccia laddove la geomorfologia non permetteva un agevole passaggio. Ciò testimonia l'importanza che era attribuita a questo tracciato come una delle fondamentali vie di attraversamento della parte occidentale delle Alpi. Sempre in relazione alle situazioni geomorfologiche del terreno, la strada presentava diverse tipologie di costruzione. Alla sommità del valico, lungo

VIII. *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field.* By J. CLERK MAXWELL, F.R.S.

Received October 27,—Read December 8, 1864.

PART I.—INTRODUCTORY.

(1) THE most obvious mechanical phenomenon in electrical and magnetical experiments is the mutual action by which bodies in certain states set each other in motion while still at a sensible distance from each other. The first step, therefore, in reducing these phenomena into scientific form, is to ascertain the magnitude and direction of the force acting between the bodies, and when it is found that this force depends in a certain way upon the relative position of the bodies and on their electric or magnetic condition, it seems at first sight natural to explain the facts by assuming the existence of something either at rest or in motion in each body, constituting its electric or magnetic state, and capable of acting at a distance according to mathematical laws.

In this way mathematical theories of statical electricity, of magnetism, of the mechanical action between conductors carrying currents, and of the induction of currents have been formed. In these theories the force acting between the two bodies is treated with reference only to the condition of the bodies and their relative position, and without any express consideration of the surrounding medium.

These theories assume, more or less explicitly, the existence of substances the particles of which have the property of acting on one another at a distance by attraction or repulsion. The most complete development of a theory of this kind is that of M. W. WEBER*, who has made the same theory include electrostatic and electromagnetic phenomena.

In doing so, however, he has found it necessary to assume that the force between two electric particles depends on their relative velocity, as well as on their distance.

This theory, as developed by MM. W. WEBER and C. NEUMANN†, is exceedingly ingenious, and wonderfully comprehensive in its application to the phenomena of statical electricity, electromagnetic attractions, induction of currents and diamagnetic phenomena; and it comes to us with the more authority, as it has served to guide the speculations of one who has made so great an advance in the practical part of electric science, both by introducing a consistent system of units in electrical measurement, and by actually determining electrical quantities with an accuracy hitherto unknown.

* *Electrodynamische Massbestimmungen.* Leipzig Trans. vol. I. 1849, and *TAYLOR'S Scientific Memoirs*, vol. c. art. xiv.

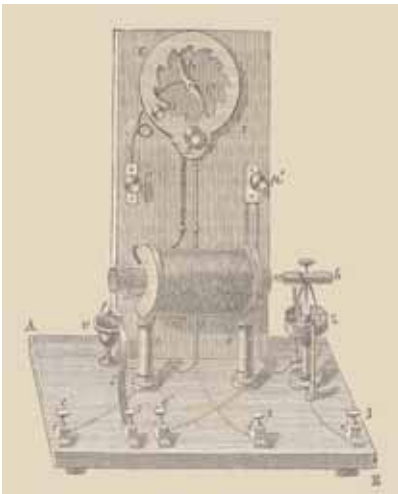
† "Expériences tentées pour constater si la loi des actions polarisantes per vias electricas vel magneticas decrivetur."—*Halle Nachrichten*, 1856.

MDCCLXV.

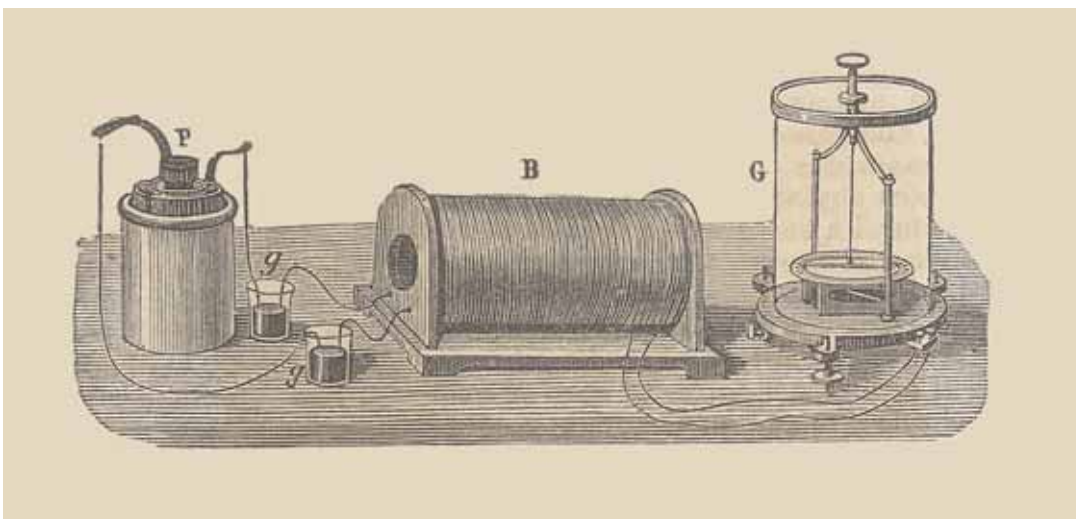
3 H



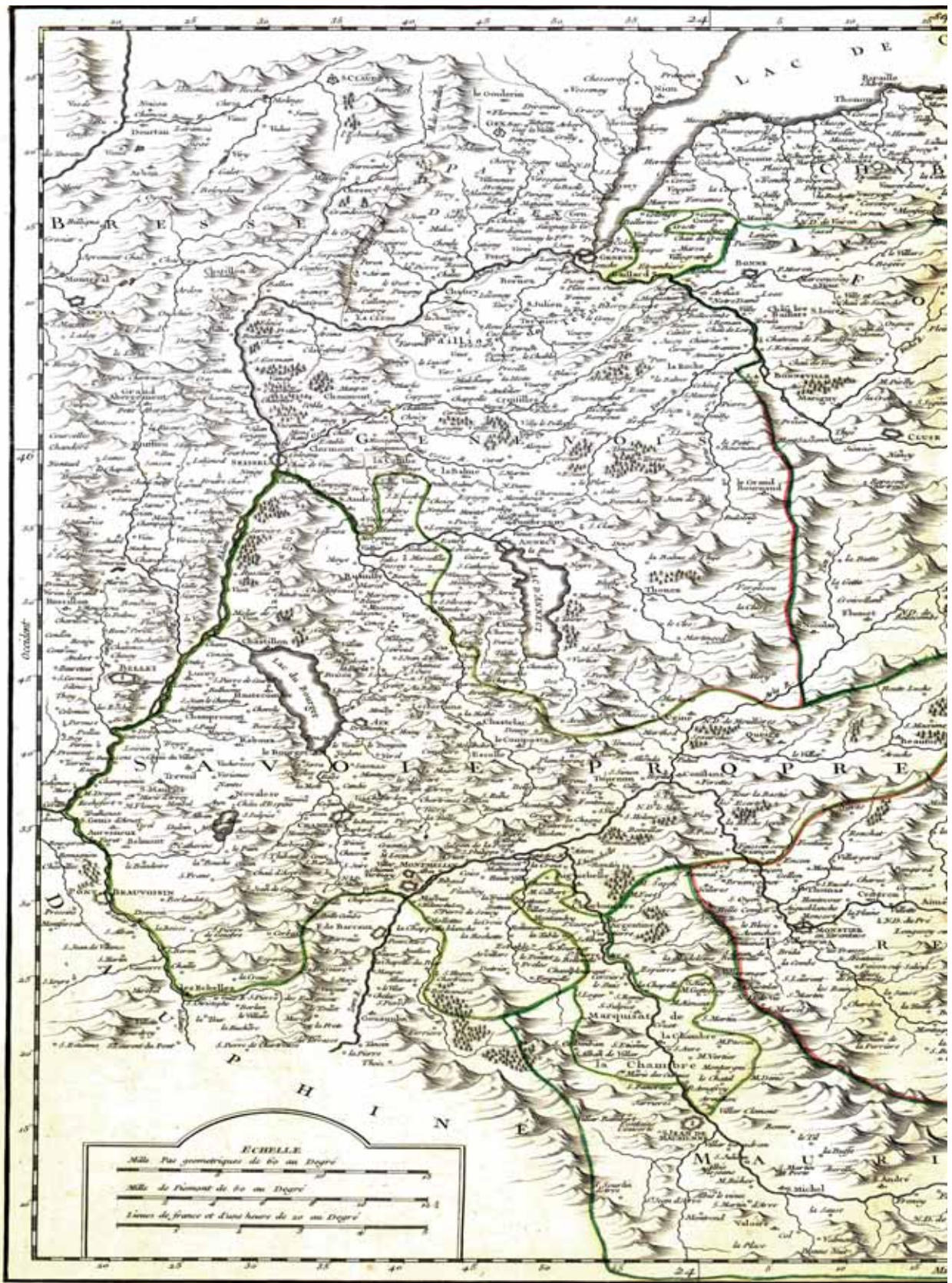
James Clerk Maxwell



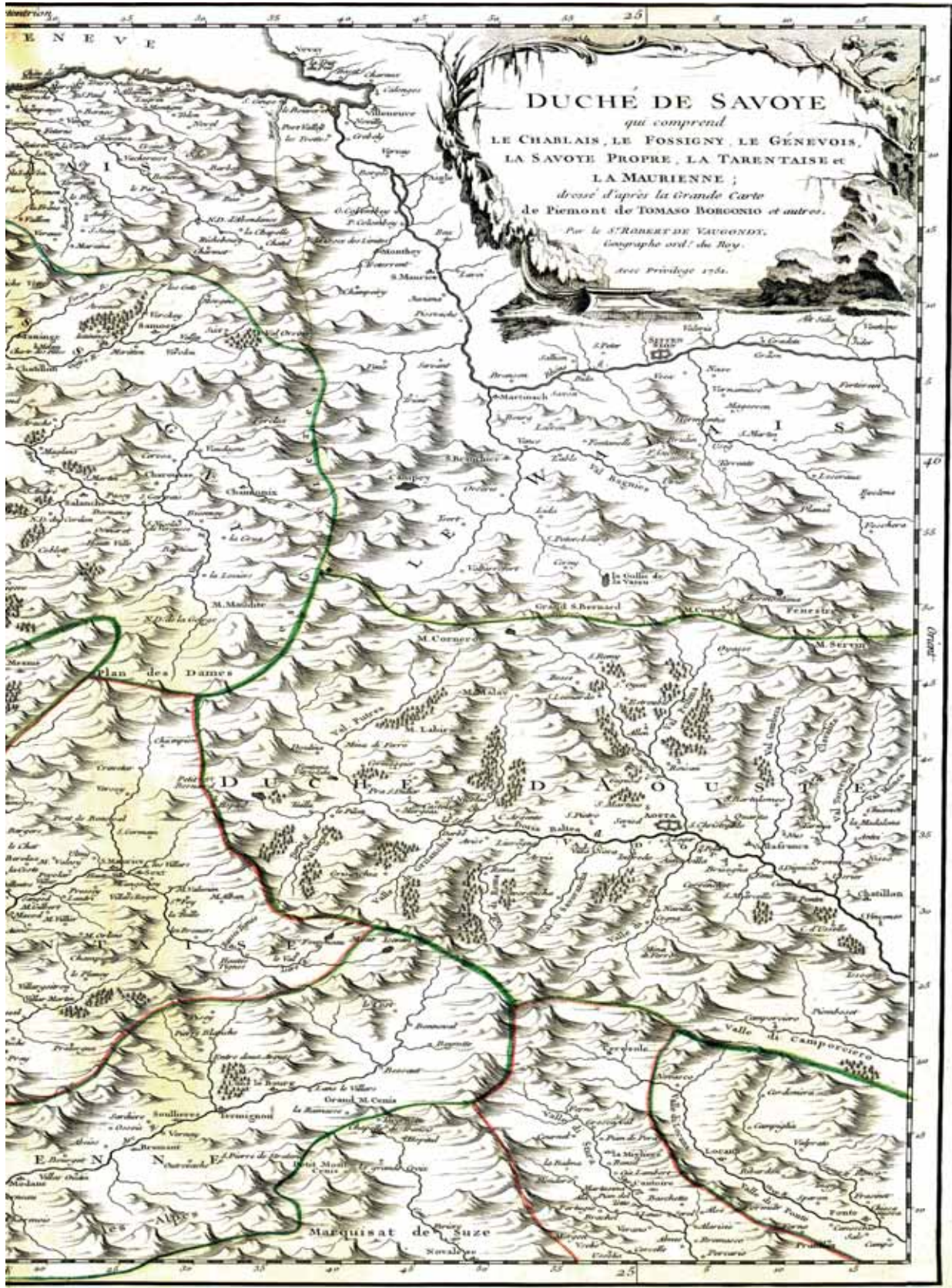
The Royal Society is collaborating with JSTOR to digitize, preserve, and extend access to *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. www.jstor.org



Apparecchi d'induzione



Il ducato d'Aosta alla fine del XVIII secolo





Veduta d'insieme del valico del Piccolo San Bernardo

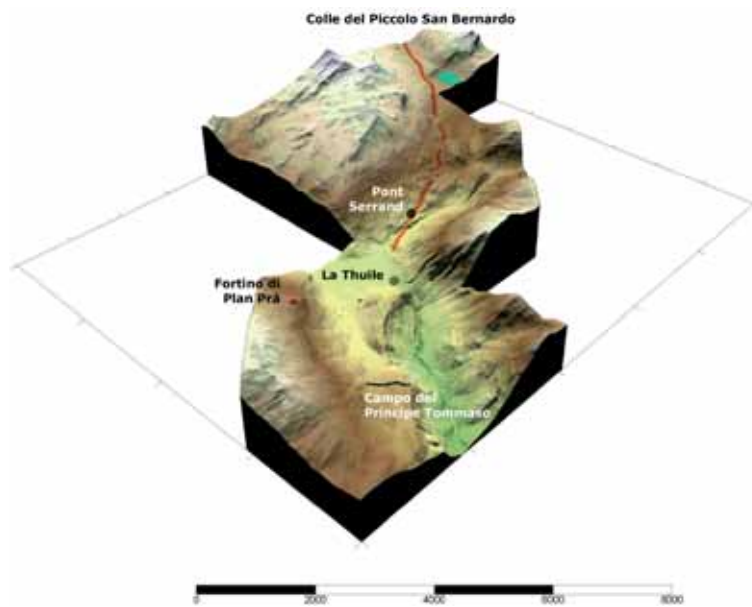


Risultati delle tomografie geoelettriche sul valico del Piccolo San Bernardo

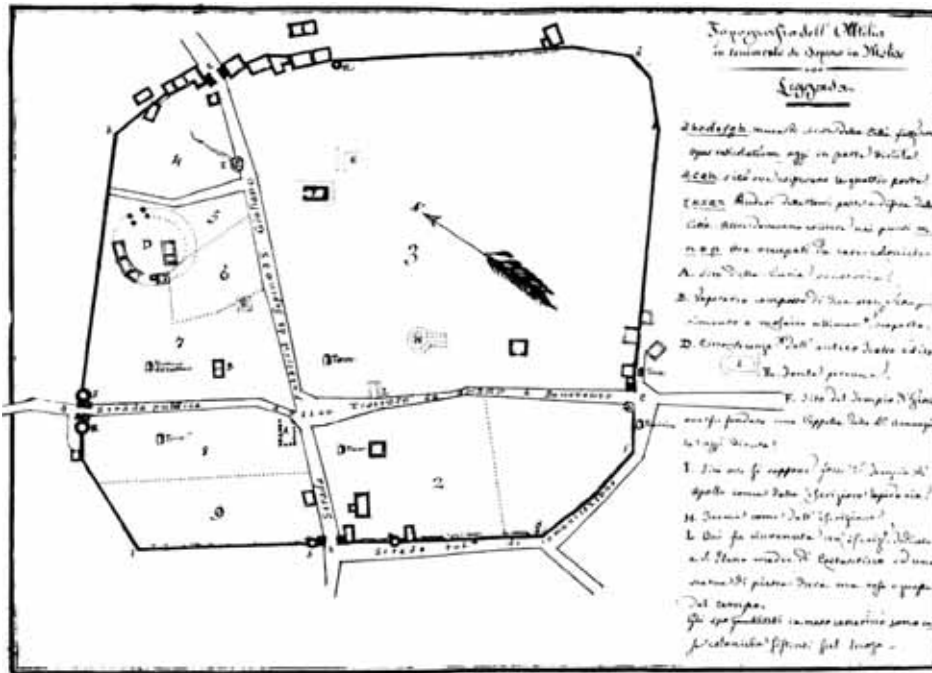




Sezione tomografica di un tratto dell'antica via delle Gallie per Alpis Graia

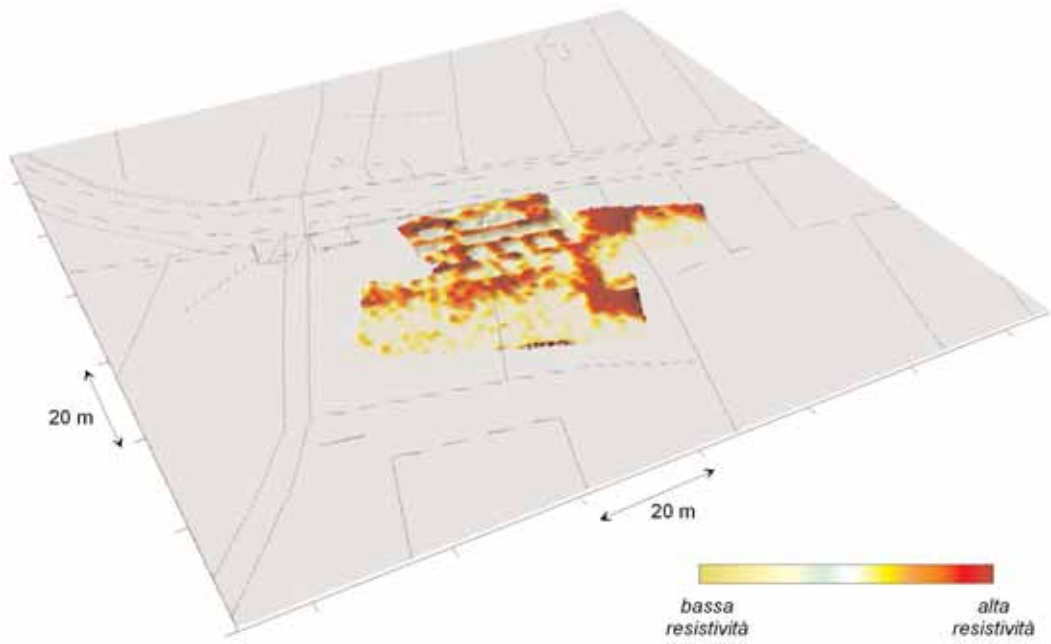


Ricostruzione del percorso dell'antica via delle Gallie



L'area archeologica di Saepinum (De Benedittis, 1982)





Tomografia elettromagnetica del sito di San Giuliano del Sannio

la strada si trovavano infrastrutture per tutti i servizi di ristoro durante i viaggi che, presumibilmente, erano particolarmente duri, viste le condizioni climatiche molto rigide e la pendenza della strada che doveva superare rilevanti dislivelli di quota. Le *mansiones*, i cui resti sono ancora evidenti, dovevano probabilmente servire per il pernottamento dei viaggiatori ed il ricovero degli animali da trasporto. Le tracce più antiche del percorso consistono nei tagli o nello spianamento della roccia di base per ospitare la carreggiata, di larghezza massima di poco inferiore ai due metri. È poi possibile che in taluni tratti la strada non fosse pavimentata, e molto spesso si presenta costituita da grossi blocchi di pietra ai bordi della carreggiata.

Il percorso antico verso il valico, noto e ricostruibile nel suo sviluppo generale, è stato quindi oggetto, nel tratto di risalita verso il colle, di prospezioni geofisiche. Nell'ambito di una convenzione tra la Regione Autonoma Valle d'Aosta e l'Università degli Studi del Molise ed in particolare per quanto riguarda l'attuazione del progetto Interreg IIIA "Alpis Graia", Archéologie sans frontières au Col du Petit Saint Bernard, negli anni 2004 e 2005 sono state eseguite due campagne di prospezioni geofisiche, utilizzando principalmente il metodo geoelettrico, che hanno permesso, insieme ai saggi archeologici realizzati sulla base delle prospezioni, di definire molti elementi della viabilità antica.

Il metodo geoelettrico consiste nella determinazione sperimentale della distribuzione di resistività caratterizzante la struttura elettrica del sottosuolo. Il principio fisico del metodo è il seguente: una corrente elettrica è inviata nel sottosuolo tramite una coppia di elettrodi e la risultante distribuzione di potenziale elettrico indotto è determinata tramite un'altra coppia di elettrodi. Ogni disomogeneità presente nel sottosuolo, e per disomogeneità s'intendono corpi a diversa capacità di conduzione elettrica, viene rilevata poiché essa deflette le linee di corrente e distorce pertanto la normale distribuzione di potenziale elettrico.

Negli scorsi anni questo metodo è stato quasi del tutto ignorato per gli studi di carattere archeologico, in quanto molto meno rapido in fase di acquisizione rispetto, ad esempio, al più noto metodo georadar. Eppure questo tipo di prospezione possiede profondità di investigazione praticamente "infinite", relativamente ai problemi di carattere archeologico, che lo rendono particolarmente efficiente sia in fase acquisitiva che di risposta finale (Mauriello & Patella, 1999a; Mauriello, 2002).

Tecnicamente, ciò che viene realizzato in campagna è una serie di profili paralleli alla distanza di poche decine di centimetri l'uno dall'altro, per otte-

nere una risoluzione sufficientemente elevata delle strutture investigate. Ogni profilo fornisce indicazioni sulla distribuzione di resistività nella sezione verticale passante per il singolo profilo. In tal modo si ottiene una matrice 3D di dati nel volume sottostante la superficie indagata. Da questo volume vengono estratte, dopo opportuni processi matematici che si definiscono tomografie, come appunto in medicina, delle sezioni orizzontali a varie profondità.

I problemi principali che vanno risolti per far sì che l'indagine geofisica possa fornire un contributo decisivo nella risoluzione di un problema sono sostanzialmente due:

- progettazione di strumentazioni e dispositivi di misura affidabili e compatti per poter essere trasportati anche in luoghi non facilmente raggiungibili e per poter lavorare in condizioni climatiche spesso difficili;
- definizione di algoritmi di elaborazione e visualizzazione dei dati studiati *ad hoc* per ogni tipologia di problema in grado di fornire risposte chiare ed esaustive. Occorre comunque ricordare che la prospezione geoelettrica, così come qualsiasi metodologia di indagine geofisica, è un metodo indiretto, pertanto i valori che si ottengono sono semplici valori del parametro fisico riferito alla natura dei materiali sepolti. Sono le forme che si ottengono che maggiormente danno indicazioni circa la presenza di strutture antropiche sepolte.

Il risultato che si può ottenere è quello di sezioni orizzontali che rappresentano a determinate profondità la situazione fisica del sottosuolo: una sorta di scavo virtuale o, per riprendere l'analogia con la medicina, una radiografia o una TAC del terreno alla ricerca di antichità nascoste. Allo scopo di mostrare alcuni dei risultati raggiunti ho riportato in figura le sezioni tomografiche in corrispondenza dell'area sommitale del passo del Piccolo San Bernardo (dove sono stati individuati alcuni resti di edifici antichi ed una porzione della strada romana) e di una delle zone dove era necessario definire il percorso della strada. Qui, il risultato dell'indagine geofisica mostra l'andamento di un percorso peraltro verificato da un saggio di scavo successivo.

Passo ora ad analizzare il lavoro effettuato in territorio molisano. Partiamo da *Saepinum* (Altilia). È la struttura urbana più consona per conoscere la romanizzazione del Sannio e le trasformazioni subite dalla cultura sannitica dopo la "guerra sociale". Nonostante il suo schema urbano non rispetti i canoni dell'urbanistica romana (i due assi principali, decumano e cardo, non sono ortogonali ed il perimetro è più romboidale che quadrato), proprio per queste sue anomalie si propone come brillante esempio dell'adattabilità razionale romana ai contesti più complessi. La sua nascita è da mettere in

relazione con il tratturo Pescasseroli–Candela, della cui economia rappresenta un anello importante; un incrocio di due vie -una pastorale (tratturo) ed una pubblica- ha dato impulso allo sviluppo dell'insediamento. Sappiamo infatti che la città sorge su un abitato di epoca repubblicana già caratterizzato dallo stesso incrocio viario. La caratteristica che distingue *Saepinum* dalle altre città romane è quindi la sua identificazione col tratturo, attorno a cui s'incastonano basilica e teatro, porte monumentali, terme e foro a testimonianza di una famiglia egemone che di *Saepinum* fu protettrice: la famiglia dei *Neratii*, che grazie alle sue grandi capacità politiche ed economiche assurse alle più alte cariche dello Stato romano pur non perdendo la sua presenza a *Saepinum* grazie ad un'imponente residenza collocata a breve distanza dal municipio romano (De Benedittis, 2001).

La *gens Neratia* in epoca imperiale era insediata a Roma, eppure questa famiglia non dimenticava la città d'origine. Questo legame era sicuramente dettato anche da fatti economici: molte delle proprietà terriere dei *Neratii* erano nell'agro di *Saepinum*. I *Neratii*, dunque, pur residendo nella capitale, continuarono sicuramente ad avere interessi economici probabilmente legati alla villa di San Giuliano del Sannio.

Le prime ricognizioni hanno messo in evidenza resti consistenti di una villa romana. Di essa sono visibili strutture murarie antiche che fungevano da sostruzione ad un grosso edificio. Tali resti, sono stati seguiti per circa 70 metri ed in alcuni tratti sono oggi riconoscibili per oltre 2 metri d'altezza; la superficie coperta dai resti antichi è tale da farla ritenere la villa romana più ampia del Molise. Dagli scavi sono venuti alla luce diversi frammenti ceramici che consentono di ricostruire, sia pure sommariamente, la storia della villa, datando la sua origine tra II e I secolo a.C.

La qualità delle strutture superstiti, che costituiscono l'unica emergenza archeologica di livello monumentale nota dell'antico territorio sepinate, e la possibilità di assegnarla ad una delle famiglie più significative della città romana di *Saepinum*, fanno della villa un terreno di indagine privilegiato ed estremamente promettente per conoscere anche nuovi elementi su quel periodo ancora incerto che si colloca tra la fine dell'impero e l'inizio dell'alto medioevo.

Proprio sul territorio di San Giuliano del Sannio, in corrispondenza dell'area che sulla base della ricognizione archeologica e della ricerca storica e d'archivio è ritenuta sede della villa imperiale, sono state eseguite delle prospezioni geofisiche. L'intento della ricerca, tuttora in corso, è quello di individuare la posizione e la forma della villa. Il metodo adoperato in questo caso è quello elettromagnetico. Il principio del metodo, in breve, è il seguente: un sistema a sorgente elettromagnetica controllata irradia un campo elettromagnetico in

una banda di frequenza molto stretta. Questo campo elettromagnetico a frequenza dell'ordine di qualche decina di kHz viene generato dall'antenna trasmittente ed il risultante campo elettromagnetico, dovuto all'interazione della sorgente con le strutture del sottosuolo, è misurato dall'antenna ricevente. I dati, opportunamente elaborati, forniscono anche in questo caso una sezione tomografica del sottosuolo (Mauriello & Patella, 1999b).

Le prospezioni sono state accompagnate dall'esecuzione di foto da pallone frenato dall'altezza di circa 30-40 metri opportunamente georeferenziate, ortorettificate e mosaicate. Il risultato ottenuto è mostrato in figura. La tomografia geofisica evidenzia le tracce di strutture murarie, i loro allineamenti, la loro estensione spaziale. Naturalmente c'è ancora molto da fare per definire in maniera completa la geometria dell'insediamento: mi preme però far osservare come la geofisica possa dare un contributo molto significativo nel definire in tempi molto rapidi (le prospezioni hanno impegnato un paio di giorni), in maniera economica ed assolutamente non invasiva quelle che sono le caratteristiche del sito in esame e soprattutto permettono di indirizzare gli interventi di scavo.

Vorrei ora prendere lo spunto dall'esempio di S.Giuliano del Sannio per una riflessione sulla situazione molisana.

I beni culturali nel Molise sono numerosi e distribuiti su più settori (naturalistico, archeologico, architettonico, bibliotecario) e testimoniano la complessità della storia di questo territorio (De Benedittis, 1979); ciò nonostante è possibile leggere il paesaggio di questa regione proprio nella sua articolazione storica. Pur in presenza di un percorso molto variegato, esistono pagine di storia in cui l'incisione dell'uomo sul paesaggio molisano è stata più forte. La prima pagina è sostanzialmente quella che può essere inclusa tra il VI ed il I secolo a.C. È questo il periodo del paesaggio delle fortificazioni sannitiche e dei tratturi e non solo; frutto di una cultura, quella sannitica, molto legata all'economia pastorale, che saprà adattarsi in modo brillante alla morfologia dell'Appennino e delle pianure pugliesi, creando un sistema, quello della transumanza, che rivoluzionerà i rapporti sociali ed economici di questo lasso di tempo. Il tentativo romano di uniformare l'Appennino ai moduli di gestione del territorio (municipalizzazione e centuriazione) è l'altra pagina forte del paesaggio molisano. Il tentativo non avrà la continuità voluta ed entrerà in crisi anche prima della caduta dell'Impero romano. Il terzo momento è quello medievale con la costruzione dei grandi monasteri benedettini e la creazione di quelle forme insediative (castelli e cosiddetti centri storici) che hanno delineato il paesaggio di cui ancora oggi abbiamo ampia testimonianza

Tutto il patrimonio culturale molisano diventa ancora più interessante perché immerso in un paesaggio naturalistico che ha pochi eguali: parchi, riserve naturali, tratturi, sorgenti fanno da cornice alle evidenze di una storia lunghissima.

Il Molise è ricco di testimonianze preistoriche sin dalla fase più antica e complete per reperti e per cronologia dell'evoluzione umana. Si tratta di testimonianze che trovano nell'insediamento paleolitico di Isernia un forte punto di riferimento e non la loro unica manifestazione.

Fortificazioni in opera poligonale caratterizzanti il periodo IV–I secolo a.C. esistono in numero consistente sulle maggiori cime montane con perimetri che possono superare anche i due chilometri. I più grandi propongono in genere un sistema abitativo complesso al loro interno; quelli di minori dimensioni si distribuiscono lungo le maggiori arterie che attraversano la regione: i tratturi di cui rappresentano il sistema di controllo, ma non solo. Oggi se ne conoscono più di trenta e coprono tutto il territorio.

Dei Sanniti i reperti più numerosi e significativi provengono da Pietrabbondante e sono state individuati sul territorio diversi piccoli templi come quelli di Vastogirardi o S. Giovanni in Galdo e oltre trenta fortificazioni, alcune di grandi dimensioni, come quella di Terravecchia di Sepino o quella di Monte Vairano.

Molti sono anche i simboli della civiltà romana. Di *Saepinum* (Altilia) ho parlato in precedenza. La caratteristica che distingue *Saepinum* dalle altre città romane è la sua identificazione col tratturo. *Saepinum* rappresenta un esempio raro di centri che si sovrapposero l'uno sull'altro: foro commerciale sannitico e centro di servizi nel IV secolo a.C., sui cui resti poggia la città romana del fisco, a sua volta sormontata dal villaggio rurale medievale e moderno (Paone, 1987).

L'alto medioevo trova nel Molise due importanti testimonianze: il monastero di S. Vincenzo al Volturno e la necropoli di Campochiaro. Ormai ampiamente studiato il Monastero benedettino di San Vincenzo al Volturno, fondazione longobarda nell'VIII secolo, modello carolingio nel IX e monastero aperto agli influssi cassinesi nel Mille, rimane la testimonianza cristiana del nuovo modello di società e di politica, di cultura e di struttura alla base dell'Europa da ricostruire dopo la caduta dell'impero romano. Qui l'azienda agricola, la statuaria, l'epigrafia, le officine, le fornaci convivevano con le arti dello *scriptorium* e della pittura murale estesa all'intero monastero. Il Medioevo è rappresentato dalle cattedrali (quali ad esempio quelle di Trivento, Guardialfiera, Termoli e Larino) e dai castelli, molti dei quali ben conservati: Civitacampomarano, forse il più significativo del Molise; Roccamandolfi, tra le strutture di difesa che riusciranno a rendere difficili le

realizzazioni dei programmi politici di diversi sovrani tra cui Federico II; Cerro al Volturmo; Termoli, torre quadrata voluta da Federico II per la difesa di uno dei più importanti porti dell'Adriatico; Venafro, che oggi appare nell'articolazione architettonica rinascimentale; Gambatesa, con il suo elegante ciclo di affreschi rinascimentali al suo interno; Campobasso, di possibile origine normanna, trasformato in due momenti diversi del XV secolo in robusto e massiccio maniero, funzionale più allo scontro che alla fruizione.

Due monumenti sono poi significativi per il periodo barocco: sono le chiese parrocchiali di Ripalimosani e Campodipietra, quest'ultima eseguita da un architetto di Pescopennataro.

Il santuario di Castelpetroso è realizzato in perfetto stile neogotico da maestranze del posto. Il palazzo del museo civico di Baranello, in neogotico fiorentino, merita di essere ricordato anche perché è il contenitore del più bel museo ottocentesco dell'Italia centro-meridionale.

Da quanto sinteticamente esposto appare evidente che il Molise è terra di grande storia che merita attenzione e cura per una sua conoscenza approfondita ed una sua "messa a disposizione" delle nuove generazioni. La ricchezza culturale del Molise va ricercata nella diffusione del suo patrimonio culturale sul territorio sia in termini spaziali sia cronologici. Basti pensare che, realtà forse unica al mondo, le emergenze storiche documentabili vanno da circa un milione di anni fa fino all'epoca moderna, senza interruzione. In pratica, il Molise è ancora terra da scoprire, studiare e divulgare.

Prendendo spunto da quanto mostrato circa i risultati ed alle potenzialità delle indagini geofisiche e soprattutto in relazione alla summenzionata interdisciplinarietà del campo dei beni culturali vorrei sottolineare quanto si potrebbe fare come approccio al problema dei beni culturali utilizzando come obiettivo primario la valorizzazione della conoscenza, il trasferimento tecnologico e la sua trasformazione in risorsa ed assistenza per il territorio.

Un'idea potrebbe quindi essere quella di promuovere *in primis* una profonda conoscenza dei siti in vista di un'adeguata valorizzazione: un primo punto fermo per una veduta d'insieme sia spaziale sia cronologica del patrimonio culturale molisano dovrebbe essere una carta delle emergenze culturali molisane. Una carta che comprenda tutte le informazioni tuttora esistenti di tipo archeologico, storico, architettonico, naturalistico, che le metta in relazione tra loro e che possa essere la base per qualsiasi attività di studio e di valorizzazione del territorio. In pratica, utilizzando quelle che sono le moderne metodologie GIS (*Geographical Information System*), implementate con: immagini satellitari, foto aeree, cartografie ed analisi storiche ed archivistiche, rilievi di scavi e

monumenti, censimenti del patrimonio storico-artistico, analisi e censimenti storico-architettonici, ricognizioni e saggi archeologici, ricerche antropologiche e letterarie, percorsi naturalistici, ricostruzioni virtuali di siti e viabilità, ricostruzioni tramite indagini geofisiche di siti sepolti, indagini geomorfologiche, si vuole arrivare alla creazione di un supporto multimediale avanzato.

Successivamente si può pensare di predisporre il territorio così indagato e “rivissuto” per una fruizione che ne promuova lo sviluppo sostenibile. Un’attività di studio che porti alla realizzazione di una carta del patrimonio deve servire come punto di partenza per la definizione di un concreto piano di sviluppo indirizzato ad un’efficace godibilità dei beni. Poter quindi definire quali sono le possibilità di sviluppo del territorio utilizzando il patrimonio culturale come attrattore forte, senza avere come obiettivo un turismo di massa ma definendo una serie di servizi concorrenziali dal punto di vista del mercato che portino ad un tipo di fruizione eminentemente “moderna”, anche, eventualmente, puntando su alcuni siti ritenuti particolarmente promettenti.

Il punto conclusivo deve essere la creazione, tramite corsi di formazione, di spin-off accademici (cooperative, imprese...) che possano costituire i soggetti maggiormente implicati nella gestione dei siti; essi saranno impegnati sia nel garantire la funzione più generale di guide, ma arriveranno auspicabilmente a svolgere anche un profondo compito divulgativo e comunicativo attraverso la creazione di DVD, documentari scientifici, giochi per PC, cartoni animati per ragazzi, etc. L’università può e deve assumersi il compito di fungere da elemento di aggregazione ed interazione di questi gruppi per la realizzazione di quello che oggi chiamiamo sviluppo sostenibile.

Devo confessare che nel delineare questi auspici ho provato un’immanicabile ma piacevole sensazione di compiacimento e di orgoglio, perché realmente mi è sembrato di “fotografare” la mia realtà lavorativa e le attività didattiche e di ricerca dei miei colleghi che con grande dedizione vogliono sempre più puntare alla “crescita” del nostro territorio. La facoltà di Scienze Umane e Sociali, ed in particolare i due corsi di laurea, triennale e magistrale, dedicati ai beni culturali, mi offrono quotidianamente l’occasione di verificare come una perfetta interazione tra campi disciplinari diversi, tra docenti di diversa estrazione culturale, è possibile. Il mio personale augurio, in definitiva, è che questa nuova frontiera accademica sia salutata con entusiasmo soprattutto dai nostri studenti: e ad essi, in ultima istanza, che tutti gli sforzi didattici del personale docente devono essere indirizzati. E la mia esperienza quotidiana di docente mi conferma che le risorse umane del territorio molisano sono particolarmente ricettive a questo tipo di stimoli.

Conclusioni

Credo sia arrivato il momento di trarre le conclusioni di questo mio breve discorso, per cercare di sintetizzare il percorso concettuale che avevo scelto per questa prolusione. Ho accennato più sopra ad una sorta di pragmatismo accademico, forse ascrivibile ad una sorta di mentalità del *problem solving*. E, a mio avviso, uno dei metodi in grado di risolvere con maggiore “urgenza” diverse questioni di interesse culturale e non solo, ritengo sia proprio il dialogo multidisciplinare e la collaborazione tra studiosi di diversa matrice di provenienza. È mia profonda convinzione che una trama sottile ma robusta leghi tra loro questioni apparentemente non contigue: la valorizzazione del patrimonio culturale del nostro territorio, il futuro del sapere umano, il miglioramento delle condizioni di vita degli individui. Per quanto riguarda il progresso negli studi, si ricordino le constatazioni sui vantaggi di una cooperazione dei diversi ambiti del sapere, e l’immane svantaggio di una realtà universitaria troppo capillarizzata: la *coincidentia oppositorum*, appunto, si tenga ben presente come metafora della produzione di sapere. Per quanto riguarda l’utilità immediata del connubio di vari contributi intellettuali, ricordiamo che la scienza si dirige verso l’uomo non solo per rendergli godibile il suo patrimonio culturale, ma anche per rendergli più accessibili e sicuri i servizi di cui in generale lo stato si preoccupa di dotare il territorio. La geofisica applicata può rivelarsi un campo di notevoli risorse in questo senso: la dimestichezza con determinati sofisticati approcci all’indagine del sottosuolo, unitamente ad una sensibilità acquisita nella frequentazione di tematiche a carattere umanistico, possono fare di un allievo una risorsa preziosa nella tutela del territorio e dei suoi abitanti.

Su questo c’è ancora tanto da fare. Pensiamo, e voglio concludere con questo esempio, alla salvaguardia dei nostri edifici dal rischio sismico: nelle normative nazionali molto è affidato a carotaggi, analisi di microtremore, indagini sismiche *down-hole* che poco tengono in considerazione le variazioni laterali nella morfologia del terreno, mentre indagini quali quelle che abbiamo esaminate, studiate appositamente per i beni culturali, dove è invece importante definire ad alta risoluzione le variazioni spaziali, stentano ad essere prese in considerazione. Quando parliamo di beni culturali spesso siamo portati a pensare alla villa romana o al monumento barocco. Forse però il bene più grande è quel luogo dove si fa cultura, ossia la scuola. È per questo motivo che ho scelto di dedicare questa mia prolusione ai bam-

bini che hanno perso la vita nella tragedia di San Giuliano di Puglia. È bene ricordare che la scienza e la tecnologia devono occuparsi soprattutto di lavorare al servizio della collettività del genere umano. Probabilmente corro il rischio di sfiorare una retorica utopia, ma a mio parere è rischio che si corre con una certa serietà.

*Dedicato ai nostri piccoli angeli
di San Giuliano di Puglia*

Bibliografia

- “Alpis Graia”, Archéologie sans frontières au Col du Petit Saint Bernard, 2006. Atti del Seminario di chiusura. Regione Autonoma Valle d'Aosta.
- De Benedittis G., 1979: Abruzzo Molise, *Guide d'Italia*. Ed. Touring Club d'Italia, Milano.
- De Benedittis G., 1982: Il periodo medievale, in *AA.VV., Saepinum*, Ed. Soprintendenza per i Beni Archeologici del Molise, Campobasso.
- De Benedittis G., 2001: La Villa di San Giuliano, in *Dal tratturo al Matese*. Ed. Amministrazione Provinciale di Campobasso, Campobasso.
- Feynman R.P., Leighton R.B. and Sands M., 1963: The Feynman lectures on physics. *California Institute of Technology*, Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Jackson J.D., 1984: Elettrodinamica classica. Zanichelli, Bologna.
- Mauriello P. and Patella D., 1999a: Resistivity anomaly imaging by probability tomography. *Geophysical Prospecting*, vol.47, 411-429.
- Mauriello P. and Patella D., 1999b: Principles of probability tomography for natural source electromagnetic induction fields. *Geophysics*, vol.64, No.5, 1043-1417.
- Mauriello P., 2002: La tomografia geoelettrica nella zona tra il Foro e le mura settentrionali, in *Nuove forme di intervento per lo studio del sito antico di Cuma*. Ed. B. D'Agostino e A. D'Andrea, Napoli, 115-119.
- Palmieri L., 1883: Nuove lezioni di fisica sperimentale e di fisica terrestre. Giovanni Jovene Editore, Napoli.
- Paone N., 1987: La transumanza: immagini di una civiltà. Iannone, Isernia.
- Parasnis D.S., 1997: Principles of Applied Geophysics. Chapman&Hall.