

LA PIATTAFORMA GIS DELLO SCAVO. FILOSOFIA DI LAVORO E PROVOCAZIONI, MODELLO DEI DATI E “SOLUZIONE GIS”

1. LA FILOSOFIA DI LAVORO

Durante il 1996, nell’ambito del progetto Poggio Imperiale a Poggibonsi (SI), diretto da Riccardo Francovich e Marco Valenti del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell’Università di Siena, ha avuto inizio sperimentalmente l’applicazione della tecnologia GIS alla gestione della documentazione di scavo. L’obiettivo era (ed è ancora) produrre uno strumento di lavoro che permettesse la consultazione integrata di tutti i dati raccolti, svincolato da qualsiasi processo interpretativo preliminare; dunque uno strumento realmente utile ad una ricerca *in fieri* e non solo di supporto ad elaborazioni già compiute.

In questo senso, la “soluzione GIS” costituiva una concreta risposta ad uno dei problemi più ricorrenti e pressanti nell’ambito delle applicazioni informatiche in archeologia: la difficoltà di relazionare ed integrare il dato alfanumerico con quello grafico (inteso sia in formato vettoriale sia raster). Per soluzione GIS s’intende quindi una serie di piattaforme e di archivi che interagiscono tra loro. La gestione del cantiere di scavo deve prevedere la possibilità di accedere su richiesta a tutta la documentazione catastata; questa, per il suo carattere obbligato di esaustività, deve accogliere una grande e composita mole di documenti.

Realizzare una soluzione GIS dello scavo significa produrre documentazione digitale che permetta una lettura dei dati in chiave “filo-post processuale”: mettere a punto il sistema degli archivi e la piattaforma GIS dando modo, a qualsiasi ricercatore interessato, di interrogare personalmente i dati e quindi la possibilità di reinterpretare. Si tratta di un’operazione intellettualmente onesta e di trasparenza. Per fare ciò è necessario creare almeno tre applicazioni e metterle in relazione:

- la piattaforma dello scavo (il sito e tutte le piante);
- il DBMS alfanumerico (il sistema degli archivi US, reperti ecc.);
- il DBMS delle pictures (il sistema degli archivi fotografici e grafici).

Nella maggior parte dei casi proposti in Italia a partire dalla seconda metà degli anni ’80, non si è mai giunti ad una vera applicazione GIS dell’intervento stratigrafico. È stata privilegiata la gestione del dato alfanumerico (gli archivi), considerando come accessoria la parte grafica (il rilievo di scavo) che trova posto essenzialmente in programmi CAD. L’assunzione in vettoriale dei rilievi non è imperniata sul principio della digitalizzazione di una

macro pianta composita (tutti gli strati scavati), bensì di piante di fase o di periodo; cioè non tutti i dati ma dati selezionati e già interpretati.

Oppure, come abbiamo visto in altre sperimentazioni, leggermente più avanzate dal punto di vista concettuale ed ancora inedite, si tenta di costringere tutti i dati nella piattaforma GIS (mai l'intero rilievo dello scavo, spesso le strutture murarie e gli strati più importanti) cercando nel software in uso la possibilità di inserire all'interno dell'oggetto rappresentato (cioè l'unità stratigrafica) l'intera scheda US od una sua versione semplificata.

L'impiego della tecnologia però non può essere limitato o limitante, bensì concedere la consultazione dell'intera documentazione prodotta. La portata dell'errore è così paragonabile all'impiego di un database lineare nella catastazione delle US e delle classi di reperti ad esse correlate, cioè ogni volta che non si riempiono i formati previsti per questi ultimi, il programma inserisce automaticamente schede bianche. In tempi più o meno brevi la macchina si bloccherà e farà sempre una fatica enorme nel fornire risposta alle interrogazioni effettuate: si tratta di vie senza uscita e tali da non permettere una completa consultazione multidirezionale di tutti i dati.

Anche la necessità di dover accedere alla documentazione fotografica conduce a soluzioni limitate; nella maggioranza dei casi, si legano attraverso i famigerati "hot link" (spesso visti a torto come la soluzione ottimale) foto contenute in cartelle esterne (mai tutte le foto, quasi sempre una foto per oggetto), rinunciando alla possibilità di visionare relazionalmente tutte le immagini catastate.

La ricerca di una "soluzione GIS" ci ha quindi portato a progettare e sviluppare l'interfaccia "Open Archeo" (poi allargata a tutti i tipi di dato e di documentazione prodotti dalle nostre ricerche) già illustrata preliminarmente in «Archeologia e Calcolatori» (VALENTI 1998a); di fatto questa interfaccia è una soluzione GIS ipermediale a tutto tondo. Rappresenta un sistema di gestione integrato ed aperto; tramite un'interfaccia semplice permette di collegare vari tipi di dati (cartografici, planimetrici, alfanumerici, grafici, multimediali, ecc.) in modo multidirezionale fra le diverse applicazioni usate.

Il concetto di base sul quale si fonda il sistema ruota attorno a due parametri che corrispondono a due quesiti fondamentali: la documentazione (quale tipo di documentazione intendiamo reperire?) e la keyword di relazione (in base a quale chiave di ricerca vogliamo reperire la documentazione?). In pratica possiamo accedere, su richiesta mirata o anche casuale, a tutta la documentazione partendo da qualunque base in consultazione. Il progetto quindi ha costituito, e costituisce tuttora, un'assoluta novità nel panorama delle precedenti esperienze di gestione della documentazione di scavo in forma digitale; esso inoltre rappresenta una punta elevata di sviluppo di un'applicazione informatica, tanto che alcune riviste specialistiche di larga diffusione («Applicando» e «Newton») ne hanno parlato ed allo SMAU 1999 Apple Italia ci ha invitati a tenere un seminario sull'argomento.

2. LE CARATTERISTICHE DI UN GIS DI SCAVO: IL NECESSARIO PROTAGONISMO DELL'ARCHEOLOGO

A differenza delle applicazioni GIS in ambito di archeologia territoriale, le sperimentazioni concernenti l'archeologia intensiva hanno stentato, e ancora stentano, ad affermarsi. È fuori di dubbio infatti una maggiore articolazione dell'informazione contenuta nel sito scavato rispetto a quello rilevato sul territorio; il sito indagato stratigraficamente produce un insieme di dati estremamente complesso e, soprattutto, una realtà spaziale molto più problematica e di minore immediatezza nella sua riproduzione in digitale.

Uno degli aspetti e dei problemi più determinanti del GIS di scavo, per esempio, è la gestione della documentazione grafica e la riproduzione della stratigrafia; del tutto diverso il presupposto nel GIS del territorio, dove la parte grafica gioca un ruolo di secondo piano (l'unità topografica nella maggior parte delle basi GIS è rappresentata con un punto georeferenziato o da una superficie perimetrata) rispetto al più complesso problema di costruire archivi alfanumerici corretti e funzionali.

La necessità di controllare questi aspetti, e superarne le difficoltà di gestione, rende inevitabile una solida impostazione strutturale, rivolta sia al database sia alla base grafica, avendo molto chiari gli obiettivi e le finalità del lavoro. Per questo motivo, a nostro parere, è indispensabile che gli archeologi siano assoluti protagonisti di un'operazione il cui unico scopo è quello di elaborare uno strumento di lavoro, duttile e funzionale, aperto e svincolato dalla pura logica informatica dell'analista che, pur perfetta in sé, non si adatta però alle reali esigenze della ricerca archeologica.

Uno dei limiti più evidenti dei progetti promossi da alcune università italiane a partire dalla fine degli anni '80 è stato di affidare la costruzione dell'impalcatura logica del prodotto ad informatici professionisti. Pur attraverso il confronto e la collaborazione con gli archeologi, i tecnici hanno comunque creato supporti poco aderenti alle loro reali esigenze; si sono realizzate strutture molto corrette dal punto di vista informatico ma che mostrano i limiti di un'impostazione concettuale troppo rigida. La mentalità dell'analista non è completamente conciliabile con la multidirezionalità dei dati archeologici.

I sistemi di archiviazione proposti da Roma Tor Vergata (ARGO: RICCI 1988), Pisa (NIKE: BIANCHIMANI 1991, BIANCHIMANI, PARRA 1991), Lecce (BDAR: SEMERARO, MANGIA 1987; ODOS: D'ANDRIA 1997), Napoli (D'ANDREA 1999 e in questo volume) risentono di questa impostazione. Si distingue solo il caso di Bologna (Aladino: GUERMANDI 1989, 1990), datato alla seconda metà degli anni '80 e già impostato secondo la filosofia del sistema aperto e aggiornabile sulla base delle reali esigenze connaturate alla ricerca. Tutti i progetti elencati, ed i modelli di gestione dei dati ad essi legati, sono sostan-

zialmente chiusi e non adattabili e la loro divulgazione è affidata a pubblicazioni ostiche ad una lettura profana. Sono inoltre soggetti ad invecchiamento, in quanto regolati sulle macchine e talvolta sui software del momento, non modificabili e non aggiornabili senza ricorso nuovamente alla collaborazione di analisti.

La nostra scommessa è stata invece di gestire autonomamente il calcolatore ed asservirlo alle nostre esigenze. La filosofia di lavoro sulla quale ci siamo mossi si basa su tre presupposti:

- la macchina è solo un “elettrodomestico” più sofisticato della media e di conseguenza la usiamo (così come il telefono cellulare o l’agenda elettronica);
- non ci adattiamo a fare ciò che la macchina concede, avvicinandoci ad essa con grande timore reverenziale;
- “ordiniamo” alla macchina (attraverso la programmazione) di fare ciò che noi vogliamo.

Solo così la costruzione di un sistema di gestione dei dati realizzato da archeologi per l’Archeologia ha *in fieri* l’allargamento delle sue componenti e qualsiasi tipo di revisionabilità in qualunque momento sia reputato necessario. I nostri prodotti, forse, non sono del tutto ortodossi dal punto di vista informatico; ma a fine millennio parlare ancora di “ortodossia informatica” non ci sembra del tutto coerente, poiché l’attuale filosofia vincente di alcuni sistemi operativi (primo tra tutti Macintosh) è invece mettere in grado l’utente di sviluppare le proprie soluzioni e programmare il superamento dei propri bisogni di gestione.

I nostri prodotti sono però assolutamente funzionali e applicabili a tutti i contesti di scavo; consideriamo del tutto inutile abbandonarsi a teorizzazioni per poi alla fine perdere di vista gli obiettivi stessi che hanno reso necessario l’uso del calcolatore. Questo significa soprattutto avere ben chiaro quali sono le relazioni e i rapporti necessari all’archeologo, conseguentemente articolare la soluzione, applicando la tecnologia non solo come strumento di archiviazione ma anche come mezzo di ricerca e produzione di informazioni.

Bisogna allora decidere quale può essere il grado di alfabetizzazione informatica degli archeologi che intendono fare un uso realmente buono del calcolatore, intendendo con ciò la sua applicazione intelligente e flessibile. L’archeologo deve sapere gestire in prima persona i processi di catastazione ed elaborazione dei dati; i computer dei nostri giorni lo permettono. Questo però richiede che all’interno dei dipartimenti di archeologia nasca il *know how* ed i canali della sua trasmissione; devono quindi essere create esperienze che portino alla formazione di una sorta di “scuola”, o di una tradizione, ed alcune università si sono già mosse in tale direzione: ci riferiamo, tra le altre, alla stessa Siena ed a Bologna-Ravenna dove esistono insegnamenti di Informatica applicata.

3. LE NUOVE ESIGENZE E GLI OBIETTIVI DELL'ARCHEOLOGO CHE USA IL COMPUTER

Siamo ormai in una nuova epoca di “loss of the innocence” di clarckiana memoria; l'archeologia, per l'enorme mole di dati che produce, non può più essere efficacemente gestita senza il calcolatore; non può permettersi di stare fuori dai sistemi di comunicazione odierni che richiedono e richiederanno sempre di più completezza e trasparenza della documentazione, grande velocità di trasferimento, chiavi di lettura diversificate. Lo specialista ed il non specialista devono avere entrambi la facoltà di accedere alla forma di esposizione delle ricerche più consona alle loro esigenze ed al grado di interesse del momento in cui, per ricerca o per lavoro o per semplice curiosità, si connettono: dal dato oggettivo al dato interpretato ed esposto su piani di narrazione a diverso grado di difficoltà. Stanno finendo i tempi in cui un'indagine archeologica rimaneva a lungo tempo inedita ed i dati non potevano essere resi disponibili per l'intera comunità scientifica.

L'Archeologia, se vuole realmente avere un dialogo con le istituzioni che governano il territorio e raggiungere anche una molteplicità di potenziali fruitori (cioè esterni alla comunità archeologica), deve soddisfare questi obiettivi: abbattere lo stereotipo dei tempi lunghi di gestazione dell'informazione, “scrivere” in un linguaggio digitale corretto, chiaro e comprensibile, trasmettere il dato velocemente nei modi di trasmissione più diffusi e recepibili dalle stesse amministrazioni pubbliche (per esempio da un SIT provinciale) o da qualunque altro soggetto interessato. Solo così sarà possibile fare entrare le indagini archeologiche nelle politiche territoriali, giocando un ruolo da protagonisti, accedere a finanziamenti che permettano lo sviluppo della ricerca, allargare l'interesse per tali indagini raggiungendo anche una fascia di pubblico dei non addetti.

L'Archeologia è perfetta per il digitale; sa trovare in questo campo grandi spunti di spettacolarità che non bisogna lasciar sfuggire per sfruttare al meglio le dinamiche ed il linguaggio della comunicazione odierna basati molto sull'immagine. Questo però non significa semplificare, e quindi ridurre, lo spessore delle indagini; l'informazione oggi richiede infatti contenuti alti e veicolati con realizzazioni tecnologiche elaborate, ma tramite un'interfaccia di accesso *friendly*.

4. LA POLVERIZZAZIONE DEI TEMPI DI ELABORAZIONE DEI DATI E LE NUOVE POSSIBILITÀ DI LETTURA

Tornando alla catastazione GIS dello scavo, sottolineiamo come non sia più proponibile una gestione ed un'elaborazione tradizionale dei dati, con tempi troppo lunghi e consegna di elaborati solo stampati; alla stessa maniera si deve essere in grado di rendere disponibile tutto ciò che si è prodotto, dal rilievo al singolo cocciato schedato. Ai nostri giorni non si può più pensare di “domare” un grande cantiere di scavo e l'intero novero dei dati da esso

provenienti, senza ricorrere all'informatizzazione di punta. Sono i tempi stessi di elaborazione ad essere polverizzati, così come la completezza e l'articolazione dei piani di informazione che si possono costruire e fare interagire per raggiungere la conoscenza.

Inoltre, andando incontro ad un'esigenza comune a tutti coloro che si trovano a dovere pubblicare uno scavo, l'informatizzazione permette di pubblicare eliminando i forti costi necessari per l'edizione a stampa o per lo meno riducendoli enormemente. Possiamo infatti decidere di immettere in rete la nostra soluzione GIS e rendere accessibili due chiavi di lettura a scelta: l'intero sistema GIS-archivi (cioè il dato oggettivo) e piante di fase e tematiche dietro richiesta al GIS (dato soggettivo) anch'esse consultabili in collegamento con gli archivi.

Nella nostra esperienza abbiamo impostato una documentazione articolata sui tre perni già elencati (GIS scavo, DBMS alfanumerico, DBMS pictures), con un implemento dei supporti grafici attraverso videodocumentazione elettronica progressiva, filmati dell'evoluzione dei quadrati o delle strutture in corso di scavo, panoramiche Qtvr sull'evoluzione dei diversi settori e delle strutture riconosciute, ricostruzioni tridimensionali di stratigrafie e dei settori di scavo, ricostruzione ed animazione dei reperti, prodotti multimediali esplicativi.

Il GIS dello scavo è stato interpretato come una piattaforma che contiene la memoria di tutte le operazioni e le ricerche effettuate; nel dialogo con gli archivi (modulato da OpenArcheo) si può consultare l'intera documentazione esistente. La collina di Poggio Imperiale, per esempio, è stata interamente vettorializzata ed inserita nel suo immediato contesto paesaggistico ed insediativo; inoltre, in qualsiasi momento si desideri, è possibile inserirla nelle basi cartografiche vettoriali 1:10.000 prodotte da Regione e Provincia.

Sono stati poi catastati la carta geologica di dettaglio, il lavoro della geoarcheologa Antonia Arnoldus (sezioni geologiche della collina, carta della probabilità archeologica, ipotesi su un eventuale sistema di captazione delle acque), le indagini preliminari sul terreno (*fieldwalking* 1991 e 1992), le letture al calcolatore delle foto aeree effettuate nel 1991-1992 (foto aeree regionali per levata cartografica, volo centri storici, foto da aereo da turismo, foto da pallone), la lettura al calcolatore delle foto aeree prese tramite velivolo da turismo negli anni 1996 e 1997. Infine lo scavo e le aree di scarico nei loro spostamenti progressivi, che fanno anch'esse pienamente parte della storia della collina. I dati stratigrafici riportati sono completi, dall'*humus* al terreno vergine; viene rappresentata l'intera realtà dei depositi archeologici nella loro successione fisica.

Proponiamo di seguito una breve "carta d'identità" della base GIS di Poggio Imperiale, complesso esteso per 12 ettari e del quale è stato scavato sinora poco più di un ettaro con 3384 unità stratigrafiche sino alla campagna

del 1998. Ad oggi essa censisce 42635 elementi vettorializzati e raggiunge un peso di 60,3 mega; viene gestita su un Macintosh G3 a 400 MHz - 256 MB di memoria RAM ed ha tempi di caricamento dei dati di circa 5-10 secondi, mentre quelli di elaborazione oscillano fra i 15-20 secondi per le ricerche più semplici ed i 25-35 secondi per quelle più articolate.

I tempi di impostazione e di registrazione non possono essere quantificati nel loro complesso con precisione, in quanto fortemente condizionati sia dalla mole dei dati da processare ogni anno (non sempre uguale) sia dall'abilità dell'operatore (in crescita esponenziale). In genere l'assunzione delle piante di scavo viene svolta da tre operatori nel corso delle attività invernali di laboratorio; la campagna 1998 ha per esempio richiesto un totale di 160 ore circa a persona nella digitalizzazione di tre grandi settori di scavo (il più grande raggiungeva i 30×12 m) caratterizzati da stratigrafie molto articolate. Nel suo insieme, si tratta di un prodotto che, nonostante una notevole complessità strutturale, consente una fruizione molto agevole e veloce, anche per utenti non alfabetizzati.

La piattaforma GIS, oltre a concedere una consultazione generale e dettagliata del contesto (ricerche complessive, mirate, con variabili), l'effettuazione dei più disparati calcoli (medie, estensioni, distanze ecc.), l'uscita in stampa di piante tematiche (periodo, fase, distribuzione dei manufatti ecc.), permette anche tentativi di simulazione concernenti le strutture nel sottosuolo. Questo nuovo tipo di interrogazione, basato sulle sperimentazioni di quanto emerso dallo scavo di Poggio Imperiale in combinazione con i risultati delle molte indagini preliminari (dodici ettari di terreno vagliati tramite ricognizione e studio di foto aeree prese a scale diversificate in più stagioni, ricerche geoarcheologiche ed archeometriche) sta fornendo formidabili suggerimenti per l'interpretazione progressiva dell'insediamento nel suo complesso e per l'orientamento dei nuovi settori da aprire.

A tal proposito illustriamo due momenti di lavoro in fase di lettura combinata dei dati all'interno della piattaforma GIS. In entrambi i casi abbiamo utilizzato l'overlay topologico. Il primo caso riguarda la metodologia applicata nella comprensione delle trasformazioni cui andò soggetto il nucleo fortificato medievale di Poggio Imperiale nei suoi 115 anni di vita (individuato dalle fonti storiche con il toponimo di Poggio Bonizio, fondato nel 1155 e distrutto nel 1270). Il secondo caso concerne invece la costruzione di una pianta "storica" ipotetica della topografia del villaggio nella seconda metà del XII secolo.

4.1 Primo caso: sviluppo in estensione del villaggio

Domande poste alla base GIS: quali erano le dimensioni del villaggio alla fondazione? La parte fortificata si era allargata nel tempo e, di conseguenza, quali erano le sue dimensioni nel 1270, anno di distruzione?

Metodo di verifica: abbiamo deciso di leggere in sovrapposizione dati di natura diversa (overlay topologico), incrociando i risultati delle indagini preliminari con lo scavo ed osservando le coincidenze.

Operazioni per rispondere alla prima domanda: le stratigrafie relative alla fondazione del 1155 sono state richiamate a video; dalla visualizzazione della cinta di prima fase, sovrapposta ai *crop-marks* osservati sul processamento del volo sui centri storici, abbiamo definito l'andamento della fortificazione sull'intera superficie che attualmente stiamo indagando per aree campione.

I risultati della ricognizione sul lato nord-ovest hanno evidenziato l'estensione dell'insediamento su questo versante. Il risultato del processamento dei voli da aereo da turismo ha mostrato invece l'andamento della cinta sulle superfici a sud. La sovrapposizione della ricognizione con il trattamento dei voli regionali ha permesso di definire la portata della cinta sul lato est, la cui natura ha trovato una netta precisazione ed una conferma nei risultati del volo su aereo da turismo del 1997.

Risposta alla prima domanda: alla fondazione, quindi, è proponibile un agglomerato urbano esteso per quasi 7 ettari. Tutti i voli a bassa quota (i due tramite aereo da turismo ed il pallone) disegnano poi, al di là del *crop-mark* della cinta posta sulle superfici sud, una vasta maglia di strutture regolari (sia quadrate sia rettangolari), interpretabili come edifici dei borghi che sappiamo essersi sviluppati nella seconda metà del XII secolo. Tra le evidenze risulta molto chiaro l'andamento e le biforcazioni di una viabilità che attraversa il muro di cinta; questo nuovo *crop-mark*, relazionato alla successione della viabilità riconosciuta da scavo, ci fa ipotizzare l'articolazione della rete viaria interna al nucleo urbano, che si rivela imperniata su un tracciato centrale e dritto, dal quale si dipartono vie minori collaterali.

Operazioni per rispondere alla seconda domanda: il richiamo di tutte le strutture di XIII secolo ha poi mostrato la presenza di una torre (posta nei pressi della cinta rinascimentale) e lacerti di muri in coincidenza del complesso Fonte delle Fate. Sono tutti elementi che indiziano la cessazione di uso del muro sulle superfici a sud e l'allargamento delle fortificazioni a parte del borgo.

Risposta alla seconda domanda: in questa fase l'insediamento fortificato occupava una superficie di oltre 12 ettari.

4.2 Secondo caso: la costruzione di una "pianta storica" ipotetica

Ipotesi da verificare: nella seconda metà del XII secolo, gli effetti materiali del passaggio di Poggio Bonizio da nucleo feudale ad organizzazione comunale portarono alla formazione di un emporio-zona di servizi per i viaggiatori in transito sulla via Francigena e per i fiorenti traffici commerciali. La sua costituzione non avviene disordinatamente ma sembra esistere una volontà pianificatrice nella quale si programmano delle lottizzazioni; l'area sca-

vata lascia intravedere una topografia dell'agglomerato che si caratterizza ora per la costruzione di lunghe case a schiera con ingresso a doppia arcata e disposte in sequenza (dimensioni intorno a $21 \times 7,50$ m; rapporto di circa 1:2,8). L'insediamento mostra pienamente in questo momento il suo carattere cittadino.

Domande poste alla base GIS: se esiste la progettazione di lotti abitativi ordinati in una maglia di lunghe case a schiera, qual'era in questa fase l'aspetto del villaggio? Come veniva sfruttato o, meglio, come si adattava la progettazione e la regolarità delle strutture all'andamento della collina e quante case a schiera si possono prevedere di incontrare durante lo scavo?

Operazioni per rispondere alla prima domanda: abbiamo richiamato a video i *crop-marks* relativi alla lettura dei voli effettuati tramite aereo da turismo e da pallone (cioè quelli con foto più "zoommate"); inoltre abbiamo chiesto la visualizzazione di tutte le strutture in pietra (muri, cisterne e plinti) e della viabilità in uso durante i decenni in questione. Inoltre sono state richiamate anche le ipotesi pertinenti alla cinta muraria di prima fase, già formulate durante lo studio del caso precedentemente esposto.

La stesura della nuova ipotesi si sviluppa entro lo spazio racchiuso dalla cinta muraria prevista per la prima fase dell'insediamento ed osservando le coincidenze dei *crop-marks* con le strutture murarie rinvenute sulle superfici scavate. Questo procedimento ci consente, attraverso la regolarità delle misure, di riconoscere come probabili i *crop-marks* visibili all'esterno delle aree scavate ma che si pongono a distanze simili o multiple delle distanze tra i muri perimetrali delle case a schiera. Conseguentemente ritiriamo dalla vista tutti i *crop-marks* che non rispondono ai requisiti richiesti e tracciamo manualmente o in automatico l'ipotesi.

Risposta alla prima domanda: lo spazio racchiuso dalle fortificazioni si estendeva ancora per circa 7 ettari, come abbiamo visto nel primo caso affrontato. All'interno della cinta possiamo riconoscere una topografia articolata sulla presenza di due chiese (una sicuramente di grandi dimensioni) poste a nord ovest ed a sud est, di due piazze di fronte alle chiese stesse (la piazza a nord ovest dotata di una grande cisterna che doveva essere sormontata da un pozzo).

Tra le due chiese e le due piazze si disponeva la maglia delle case a schiera; queste erano ripartite in due grandi quartieri, definiti dal tracciato di una viabilità rettilinea (osservata in parte sullo scavo ed in tutta la sua estensione richiamando i *crop-marks* in relazione al volo regionale) che sicuramente raggiungeva, collegandovisi, la piazza con cisterna. Intorno alle mura, in coincidenza dell'area interna, si disponevano spazi aperti con cadenza non regolare (terreno tra il retro delle case a schiera e la cinta muraria).

Risposta alla seconda domanda: con certezza possiamo contare almeno 15 case a schiera sul lato ovest e 14 sul lato est. Se la maglia ha continuità

spaziale (pur non avendo prove da foto aerea la regolarità della disposizione tracciata sul calcolatore lascia pochi dubbi al riguardo) siamo in grado di proporre per il quartiere ovest un numero massimo di 30 case a schiera e per il quartiere est un numero massimo di 36 case a schiera.

Gli edifici si disponevano all'interno di un quartiere almeno su due file; la prima fila composta da case più grandi che si affacciavano sulla strada, la seconda fila da case con dimensioni più piccole in coincidenza del lato est (dove la collina ha andamento più irregolare e curvilineo). Nelle case più grandi il rapporto tra lato lungo e lato corto risulta di 1:2,8 ($21 \times 7,50$ m in media), nelle case più piccole sembra adattarsi all'andamento della collina attestandosi su 1:2,3 circa in media ($16 \times 6,80$ m) ma con punte anche di 1:3.

Nel quartiere est sembra cessare la doppia fila di case avvicinandosi alla chiesa. Qui, la stessa curva di livello che demarca la zona caratterizzata da una sola fila di case collocava anche l'edificio religioso in posizione dominante.

La viabilità in uso durante questa fase si discosta nell'andamento da quella attuale (che invece, come lo scavo mostra, pare ricalcare la viabilità riprogettata nel XIII secolo); ciò presuppone che scavando in connessione del lato nord (dove il cambio di orientamento dei due tracciati è molto marcato) dovremmo trovare al di là della strada odierna la parte iniziale della prima fila di case a schiera del quartiere ovest (in altre parole, questi edifici sono in parte coperti dalla strada attuale).

Lo scavo 1999, al momento in cui scriviamo ancora in corso, ha già iniziato a mostrare la presenza dei resti murari presupposti. Si tratta di un ulteriore elemento di conferma all'ipotesi complessiva concernente l'articolazione dei quartieri e della viabilità.

Osservando la regolarità nella disposizione delle cisterne (le due che corredano le case a schiera e che sono state individuate da scavo distano 9 m circa tra loro; la prima cisterna dista 90 m dalla grande cisterna della piazza a nord ovest) e calcolandone l'ingombro medio (10 mq), possiamo ipotizzare un numero totale di cisterne ancora da scavare pari a 5/6 sul lato nord del quartiere est e 4/5 sul lato sud (in totale dovevano esserne in uso 10/13). Quindi consegue che non tutte le case a schiera erano dotate di tale pertinenza; se il quartiere ovest (per il quale non disponiamo ancora di dati di scavo) mostrasse la stessa tendenza, il villaggio dovrebbe rivelare un complesso di cisterne private pari 20/26 cioè la media di una cisterna ogni 2/3 case.

Strategia di scavo possibile per verificare l'ipotesi: aprire settori di scavo mirati sulle dimensioni e sulla collocazione delle case a schiera previste.

Risultato: nelle campagne 1998 e 1999 sono stati aperti tre settori di scavo sui lati nord e sud del quartiere est secondo le modalità indicate poco sopra. L'indagine ha confermato l'esistenza di una progettazione e la regolarità del rapporto di 1:2,8 delle case a schiera sulla prima fila. In coincidenza del lato nord la casa a schiera della prima fila misura $25,60 \times 8,10$; sul lato

sud sono state riconosciute e scavate due case a schiera affiancate e con misure di $22 \times 6,5$ m in un caso e $27 \times 7,50$ nell'altro. Questa terza abitazione evidenzia come lo spazio occupato poteva essere maggiore per gli edifici posti nei pressi della chiesa (dove infatti abbiamo ipotizzato una sola fila di abitazioni).

Anche le case della seconda fila a sud sono risultate di più piccole dimensioni ed in adattamento alla conformazione della collina; due edifici rivelano misure intorno ai $12,30 \times 5$ m con un rapporto di 1:2,5 che supporta la nostra simulazione ma per le quali avevamo però previsto un rapporto di 1:3. In realtà la nostra simulazione avrebbe trovato riscontro sul terreno se avessimo potuto indagare la situazione morfologica originaria. Infatti, in coincidenza di questo lato (in semipendio e su uno strapiombo di oltre 100 m), si sono riconosciuti i chiari segni di un evento traumatico (a seguito di terremoto o le conseguenze di pressione e di spinte delle acque piovane): un forte cedimento del terreno, lesioni nei muri e sulla terra, ricostruzioni della cinta e degli edifici nelle vicinanze. Le indagini di Antonia Arnoldus e lo stesso rapporto tra i muri (che sono stati chiaramente accorciati) ed il restauro della cinta difensiva, stimano in una misura di circa 5 m il terreno franato a valle. Ricostruendo nel GIS la porzione di spazio insediativo franata e riposizionando sul limite la cinta muraria, la parte mancante dei due edifici potrebbe essere stimata in 2,70 m circa (raggiungendo così un rapporto di 1:3) e lo spazio aperto in un metro circa (Tavv. II, a-b; III, a).

Gli esempi illustrano pienamente i mezzi di elaborazione dati e di *feed back* connaturati all'interrogazione di una piattaforma GIS di scavo. Essi permettono di formulare modelli nella diacronia e realizzare piante ipotetiche sulla natura dell'insediamento; materializzano topografie urbane simulate che in primo luogo indicano spazialmente le diverse trasformazioni succedutesi e in secondo luogo mostrano l'articolazione e le tendenze urbanistiche dell'insediamento nelle sue diverse fasi; infine stimolano nuove domande e permettono di orientare i settori di scavo per verificare sul campo ed eventualmente correggere la simulazione, inserendo nuove variabili tra i dati certi.

Il GIS mostra in questo caso la sua natura di mezzo per la produzione di informazioni e modelli. Questa caratteristica va ad affiancarsi alla sua eccellenza nella gestione pratica di tutta la stratigrafia indagata e nella sua prerogativa essenziale di rendere praticabili ricerche di tipo spaziale in automatico.

Proponiamo alcuni esempi di ricerche spaziali possibili ancora attraverso il caso di Poggibonsi:

– Ricercare tutte le buche di palo, con diametro medio compreso fra i 15 ed i 20 cm, poste completamente (o solo parzialmente) all'interno di uno strato specifico.

- Tracciare allineamenti in automatico tra oggetti (cioè unità stratigrafiche) posti entro distanze richieste (esempio: tracciare allineamenti tra buche con diametro massimo di 60 cm e minimo di 45 cm, poste a distanza reciproca non superiore a 1 m).
- Calcolare quante capanne con dimensioni scelte (esempio: quelle comprese tra i 20 ed i 30 mq) si pongono entro uno spazio predefinito intorno alla longhouse di età carolingia (esempio: 15 m).
- Comporre in automatico ed in pochissimi secondi una pianta contenente le strutture che hanno le seguenti caratteristiche: battuto, presenza alta di carboni e 6 buche.

In conclusione, una piattaforma GIS dello scavo ha le seguenti funzionalità:

- gestione immediata di tutti i dati;
- costruzione e consultazione in tempo reale dei piani d'informazione;
- risposte alle problematiche affrontate;
- formulazione di nuovi interrogativi in base alle risposte ottenute;
- produzione di conoscenza.

Il computer, per fortuna, fornisce risposte valide solo se il soggetto che lo interroga (nel nostro caso l'archeologo) detiene gli strumenti concettuali per farlo. La lettura congiunta dei dati e la loro elaborazione sono il migliore apporto della tecnologia GIS allo scavo; in questo sta la sua natura di supporto insostituibile per la completezza di un'indagine, a patto che l'archeologo abbia domande da porre. La risposta della piattaforma sarà sempre buona ed oggettiva, ma sulla qualità dell'informazione richiesta è decisiva l'intelligenza e la preparazione del fruitore.

5. IL SISTEMA DEGLI ARCHIVI: UNA REALIZZAZIONE IMPRESCINDIBILE PER IL FUNZIONAMENTO DELLA "SOLUZIONE GIS"

Il sistema degli archivi grafici e multimediali vede l'uso di database appositamente creati per la gestione di immagini, filmati e suoni e rappresenta uno strumento utile solo se si lavora intensamente con grafica e file multimediali; i documenti che ne fanno parte non sono inseriti in un unico file, ma vengono ricercati dallo stesso database nelle loro svariate collocazioni; alle immagini, rappresentate in una galleria di miniature (e visibili a grandezza naturale con un semplice doppio click), sono associabili uno spazio descrittivo e una serie di chiavi che permettono visualizzazioni per soggetti; le keyword scelte per il nostro archivio corrispondono ai numeri delle unità stratigrafiche rappresentate, area, settore, quadrato, definizione US stratigrafica, definizione US interpretata, anno di scavo, struttura, periodo, fase, area per fase, responsabile di area. Ad oggi sono catastati 3330 documenti tra immagini,

filmati e animazioni; con l'inverno 1999 è previsto l'inserimento di altri 2500 documenti circa.

Il sistema degli archivi alfanumerici è stato concepito come un'applicazione relazionale che vede convergere in interrogazione i dati di unità stratigrafiche, schedature ceramica, metalli, monete, vetri, ossa animali, reperti osteologici umani, eventuali analisi specialistiche, bibliografia. Sono state sinora inserite 18876 schede. La base di dati alfanumerica rappresenta un nodo essenziale nell'elaborazione di una soluzione informatica che gestisca in modo efficiente il complesso dei dati generati da un'indagine stratigrafica. Da essa dipende in buona parte la qualità e la fruibilità delle informazioni catastate.

Sotto questo profilo assume importanza primaria il momento progettuale del database relazionale; in questa fase occorre, a nostro avviso, basarsi in primo luogo sulle necessità specifiche connesse alla ricerca archeologica, elaborando un modello informatico che coniughi il rigore logico proprio della *computer science* con la semplicità d'uso e la facilità d'implementazione sull'ambiente hardware/software a disposizione (nel nostro caso una LAN di personal computer gestita attraverso un server Alpha, e applicazioni commerciali largamente diffuse e facilmente reperibili).

Va tenuto presente che i processi cognitivi applicati dall'archeologia e finalizzati alla produzione di modelli storiografici non sempre si adattano ai metodi dell'analisi informatica; le incompatibilità più evidenti si rilevano nella necessità, propria dell'analisi, di giungere ad un modello dei dati definitivo (le applicazioni classiche nell'ambito della realizzazione di database relazionali riguardano solitamente processi che non mutano nel tempo e difficilmente necessitano un aggiornamento continuo dell'architettura dei dati; basti pensare alla gestione contabile di un'azienda, all'archivio anagrafico di un comune, ecc.). Un sistema simile è applicabile tutt'al più all'elaborazione di strumenti per la tutela del patrimonio archeologico, costituiti da banche dati contenenti le notizie essenziali pertinenti ad un sito.

Durante la progettazione di un database (e, più in generale, di una soluzione informatica globale) che si riveli funzionale alla ricerca si rende invece necessario porre la massima attenzione a due aspetti: la creazione di un'architettura aperta e facilmente integrabile con nuove tipologie di informazioni e la definizione, fin dall'inizio, del grado di dettaglio cui si vuole giungere nella catastazione del dato. Non considerare queste problematiche significherebbe realizzare soluzioni parziali o, nel peggiore dei casi, inefficienti. L'esigenza di un'architettura aperta si rivela direttamente connaturata al concetto di ricerca archeologica. Questa infatti, pur partendo da basi metodologiche sufficientemente consolidate, presenta spesso dinamiche mutevoli e strettamente connesse al contesto ed agli obiettivi del progetto; lo stesso procedere delle indagini è spesso fonte di idee per approfondimenti in direzioni non previste inizialmente. Il grado di dettaglio delle informazioni, non necessa-

riamente uniforme per tutte le categorie dei dati, è invece direttamente legato all'efficienza della base di dati.

Si tratta di coniugare le esigenze specifiche degli approfondimenti su particolari aspetti del progetto di ricerca con i criteri di agilità indispensabili per una proficua fruizione dei dati; giungere ad una soluzione di compromesso che rispetti le esigenze coinvolte rappresenta un momento importante nella progettazione del database.

6. CONCLUSIONI

Questa è l'architettura che viene presentata più dettagliatamente negli interventi di FRONZA e NARDINI (in questo volume). Certo, senza la realizzazione dell'interfaccia di sistema (OpenArcheo) disporremo di tre ottimi supporti per consultare i dati di scavo ma sarebbero abilitabili solo separatamente. Il sistema dà invece modo di consultarli a richiesta in un numero estesissimo di combinazioni, di cui si danno qui di seguito alcuni esempi:

- su GIS selezione di una o più US, consultazione delle schede relative alle US selezionate e/o consultazione delle foto delle US selezionate;
- sul sistema degli archivi alfanumerici consultazione di US, consultazione delle foto di US, localizzazione della US in foto sulla piattaforma GIS;
- ricerca su archivi grafici e multimediali della documentazione di un determinato periodo o di una determinata struttura, localizzazione sulla piattaforma GIS degli strati selezionati per il periodo o per la struttura scelti, quantificazione per periodo o per struttura dei materiali ceramici.

Interrogare uno scavo su tali basi significa riuscire a leggerlo in tempo reale e polverizzare i tempi di elaborazione. Al momento non vediamo altra soluzione ottimale per la piena gestione di un cantiere archeologico. Ultimamente si sta facendo largo l'idea di gestire lo scavo con i nuovi software legati alle attuali evoluzioni del CAD; software che hanno implementato alcune funzioni proprie di un GIS e soprattutto:

- possibilità di georeferenziare il dato grafico;
- capacità di collegare i documenti CAD ad un database attraverso SQL (Standard Query Language), ovvero attraverso la formulazione di richieste di ricerca negli archivi leggibili in qualsiasi momento da un CAD.

Prescindendo dall'applicazione delle analisi statistiche e spaziali (prerogativa esclusiva e di primo piano di un GIS), le funzioni di consultazione della documentazione prodotta da un'indagine archeologica si sono avvicinate in entrambi i tipi di applicazione; questo perché il CAD "classico" si è trasformato in un "quasi" GIS (provocatoriamente potremmo definirlo un "mezzo" GIS). Un inconveniente della gestione per layer propria del CAD è

comunque rappresentato dalla necessità di produrre archivi estremamente dettagliati, che suppliscano anche ad informazioni proprie del modello dei dati alla base di una piattaforma GIS.

Per esempio la richiesta di visualizzazione di tutte le zeppe all'interno di buche di palo con diametro maggiore di 20 cm risulta immediata in una piattaforma GIS il cui modello dei dati preveda tipi per gli oggetti "buche di palo" e "zeppa". Usando un "quasi" GIS invece si rende necessaria la creazione di un database specifico per le buche di palo e un altro per le zeppe, complicando notevolmente la gestione del dato e caricando il database di archivi sostanzialmente superflui.

Va comunque sottolineato come le funzioni principali che interessano ai nostri fini (georeferenziazione e collegamento agli archivi) sono proprie del GIS, e su questo sono state ampiamente testate negli scorsi decenni. L'applicazione delle stesse su CAD sono per ora agli inizi e necessitano, a nostro parere, di un'approfondita verifica applicata al dato archeologico. Non sappiamo come, e con quali tempi, una piattaforma realizzata tramite CAD riesca a gestire efficacemente (restando nell'ambito dei personal computer), scavi molto complessi quali Poggio Imperiale (con più di 4000 US al 1999) o Rocca S. Silvestro (Campiglia Marittima - LI) dove l'intervento ha interessato l'80% del complesso.

Un'ultima precisazione meritevole di attenzione riguarda il linguaggio proprio delle scienze informatiche, spesso utilizzato da archeologi o informatici che si occupano di applicazioni per l'archeologia e la "visibilità" dei lavori presentati in articoli. A nostro avviso un eccessivo tecnicismo (corretto nel caso di progetti basati esclusivamente sull'uso della tecnologia: si pensi per esempio al *remote sensing*) non giova alla ricerca in genere; si rendono infatti inaccessibili a gran parte della comunità scientifica strumenti che rivoluzionano i metodi di documentazione classici. In tal senso è da intendersi lo sforzo, compiuto in queste pagine, di utilizzare concetti chiari e facilmente intuibili anche da utenti informatici di fascia medio-bassa.

Crediamo che spesso la non chiarezza od il linguaggio per soli adepti, in un campo di sviluppo recentissimo come l'informatica applicata all'archeologia, non faccia altro che confondere le idee a chi si avvicina per la prima volta alla materia. Soprattutto circonda di un alone di mistero le realizzazioni pratiche che invece potrebbero essere affrontate da un pubblico più allargato solo veicolando chiaramente la nostra esperienza. Per esempio, quando ci siamo avvicinati alla tecnologia GIS, abbiamo dovuto fare una fatica enorme anche solo per arrivare a capire di che cosa si trattasse; non riuscivamo a trovare una bibliografia per neofiti e lo stesso panorama editoriale non proponeva molte alternative.

Inoltre sarebbe auspicabile che a convegni, incontri o seminari, quando si espone una realizzazione informatica si superasse il limite delle diapositive

o delle diapositive “intelligenti” (si legga *slide show*, PowerPoint ecc.). Si deve invece portare il lavoro e farlo “girare”; solo così sarà possibile discutere e confrontarsi realmente, verificando tangibilmente la reale potenza della soluzione proposta.

In questo contributo ci siamo così posti come obiettivo la presentazione di un’esperienza, sperimentata non solo su un singolo contesto ma anche su altri siti, ognuno con peculiarità specifiche; è infatti attualmente in uso su tutti i cantieri aperti nell’ambito dell’Insegnamento di Archeologia Medievale del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell’Università di Siena, sia in corso sia conclusi (è il caso di Rocca S. Silvestro - Livorno, informatizzato successivamente al termine dell’intervento archeologico). Non intendiamo comunque proporre/imporre uno standard di informatizzazione, coscienti che una replica *in toto* della nostra esperienza è condizionata da molti fattori, per primo l’utilizzo degli stessi programmi adottati, ma fornire alcune linee guida per chi si trovi ad affrontare un lavoro di questo tipo, partendo da quali domande porsi per la scelta del software più adatto, al criterio di vettorializzazione dei dati, alla qualità delle informazioni alfanumeriche da inserire e ad alcuni spunti di ricerca e di elaborazione; un processo già da noi superato, che riproponiamo senza tecnicismi, indulgiando su dettagli e problemi di base anche a rischio di apparire ovvi e scontati.

Con una leggera forma di provocazione possiamo dire che preferiamo mostrarci chiaramente poco informatici e molto archeologi, senza nessun bisogno di “nobilitare” il nostro lavoro con un linguaggio specialistico di sicuro disorientamento per molti le cui domande più ricorrenti sono: A cosa serve un GIS di scavo? Come deve essere costruito? Quali benefici può portarmi? Può (e come può) fungere da strumento per interrogare i dati e produrre modelli storici? Il lettore profano od alfabetizzato cerca risposte chiare sul lavoro che dovrà realizzare, sugli ostacoli ed i futuri benefici, sui risultati a cui potrà approdare; non desidera certo imbattersi in un linguaggio più adatto ad un trattato di informatica.

MARCO VALENTI

Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti
Università degli Studi di Siena

BIBLIOGRAFIA

- BIANCHIMANI A. 1991, *NIKE: progetto di una base di dati archeologica*, «Bollettino d’Informazioni - Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali», 1, 1.
- BIANCHIMANI A., PARRA M.C. 1991, *NIKE: progetto di una base di dati archeologica*, «Archeologia e Calcolatori», 2, 179-203.
- D’ANDREA 1999, *Il GIS nella produzione delle carte dell’impatto archeologico: l’esempio di Pontecagnano*, «Archeologia e Calcolatori», 10, 227-237.

- D'ANDRIA F. (ed.) 1997, *Metodologie di catalogazione dei beni archeologici*, Beni Archeologici - Conoscenza e Tecnologie, Quaderno 1.1, Lecce-Bari.
- GUERMANDI M.P. 1989, *Aladino: uno strumento per la gestione dei dati di scavo*, «Bollettino d'Informazioni del Centro di Elaborazione Automatica di Dati e Documenti Storico Artistici», X, 21-56.
- GUERMANDI M.P. 1990, *Aladino: verso un sistema computerizzato per lo studio e l'analisi dei dati archeologici*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 263-294.
- RICCI A. 1988, *Ricognizione di superficie e scavo: dalle schede cartacee ad un sistema automatico al servizio dell'archeologia sul campo: il prototipo Argo*, in *Archeologia e Informatica, Atti del Convegno (Roma 1988)*, Roma, 77-83.
- VALENTI M. 1998a, *La gestione informatica del dato; percorsi ed evoluzioni nell'attività della cattedra di Archeologia Medievale del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti-Sezione Archeologica dell'Università di Siena*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 305-329.
- VALENTI M. 1998b, *Computer Science and the management of an archaeological excavation: The Poggio Imperiale Project*, «Archaeological Computing Newsletter», 50 (Spring), 13-20.
- VALENTI M. (ed.) 1999, *Carta Archeologica della Provincia di Siena. Vol. III, La Val d'Elsa (Colle di Val d'Elsa e Poggibonsi)*, Siena.

ABSTRACT

It is our intention to present the experience accumulated in the last decade by the LIAAM (Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale). In recent years we have worked to develop solutions for managing every kind of information produced by an archaeological project. We have operated on different levels (from regional surveys down to detailed records of all the finds). In particular, all the data was administered within a system made up of three components: different GIS platforms, an alphanumeric database and a media database; these are linked by a system level application called *OpenArcheo*, directly engineered and developed at our Laboratory. Basic concepts of our system are the multidirectional links between information types (which allow the user to query and retrieve all the information related to a feature starting from any of the components mentioned above), modular organisation of the architecture in order to implement the ever changing variables and detail levels of archaeological research that suit the specific needs of every single project, and user-friendliness so that the management of complex data is possible for anyone who has a basic knowledge in the use of computers.

In short, what we try to do is optimise the management of information produced by archaeological projects and make it so that the archaeologist can have all the different kinds of data at hand in real time. Such a system, and particularly a "GIS solution", is perfectly suited for the management of an excavation and the application of inter-site spatial and statistical analysis tools, organising each campaign of our projects and providing simulations of the parts we cannot investigate.

