

# **Un sistema informatico per la gestione della memoria storica: dal centro alle periferie, dal contesto al reperto. Indirizzi di ricerca e applicazioni dell'Area di Archeologia Medievale dell'Università di Siena.**

(<http://archeologiamedievale.unisi.it>)

Marco Valenti  
valenmar@unisi.it

## **Premessa**

Questo contributo propone una sintesi delle sperimentazioni nel campo dell'informatica applicata svolte dall'Area di Archeologia Medievale dell'Università di Siena. Per contenere la trattazione in un numero di pagine accettabile, mi sono limitato ad affrontare solo alcuni degli aspetti che ritengo di maggiore importanza e quindi una riflessione sul rapporto fra ricerca archeologica e tecnologia digitale, l'esperienza legata al LIAAM (Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale), i lineamenti del sistema di gestione e processamento dei dati, l'uso della rete.

Le procedure e le scelte descritte, pur valide nella sostanza, risulteranno con ogni probabilità ulteriormente sviluppate e progredite all'uscita dell'articolo. D'altronde rientra nella natura del progresso tecnologico e nelle conseguenti riflessioni per elevare il livello di registrazione e di processamento dei dati. Lo scopo finale del nostro lavoro, lo sottolineiamo, non si esaurisce solo nell'esplorare le potenzialità del computer in Archeologia; piuttosto nel potere disporre di strumenti aperti e perfettibili che ci mettono però in grado di diffondere conoscenza nelle forme maggiormente esaustive.

Le pagine che seguono, seppure firmate dal sottoscritto, sono in realtà frutto del lavoro assiduo, ormai pluriennale, svolto dal gruppo di ricerca diretto da Riccardo Francovich e rappresentato soprattutto da Vittorio Fronza, Luca Isabella, Giancarlo Macchi, Alessandra Nardini, Frank Salvadori, Federico Salzotti, Carlo Tronti. A tutti loro, alle interminabili discussioni su come procedere ed al confronto quotidiano, devo la stesura di questo testo.

## **Introduzione: il dato archeologico ed i sistemi digitali.**

Da oltre dieci anni presentiamo pubblicamente le tappe del percorso senese nel campo dell'informatizzazione e quattro saggi in particolare illustrano i punti di arrivo progressivi (FRANCOVICH, 1990; VALENTI, 1998; FRANCOVICH, 1999; FRANCOVICH-VALENTI, 2001).

L'obiettivo delle nostre sperimentazioni, per una gestione globale del dato archeologico, è la realizzazione di strumenti funzionali all'accumulo di sapere ed alla produzione di conoscenza, ovvero di applicativi, grandi banche dati e sistemi di gestione-processamento. Il fine ultimo si identifica quindi nell'ottimizzazione dell'intero patrimonio conoscitivo accumulato, sia in consultazione sia in chiave interpretativa e di modellizzazione storica.

Abbiamo altre volte sottolineato che a livello disciplinare, intendendo l'Archeologia italiana nel complesso, questo tipo di apertura fa molta fatica ad affermarsi; l'informatizzazione non sempre viene giudicata irrinunciabile per governare la mole enorme di dati connaturata alle nostre indagini. Nonostante il consolidamento di alcune nicchie di sperimentazione, sono ancora molte le resistenze, sia accademiche sia delle soprintendenze, di fronte a strumenti di lavoro quotidiano resi disponibili dal progresso. Al riguardo sono due gli atteggiamenti ricorrenti: una critica talvolta superficiale su alcune caratteristiche dei programmi o delle tecnologie maggiormente al centro dell'attenzione; un impiego minimo dello standard tecnologico disponibile sul mercato. Queste posizioni non convincono.

La critica, se costruttiva, è sempre auspicabile ma si abbina spesso ad un rifiuto aprioristico o ad una scarsa conoscenza delle reali funzionalità e dei meccanismi di gestione-elaborazione dell'applicativo discusso. Fra i tanti esempi non possiamo esimerci dal citare il GIS e le sue potenzialità predittivo-simulativo che, ignorate o bollate talvolta come eccesso d'uso e di fiducia nella macchina, in realtà sono a pieno titolo strumenti metodologici; non forniscono delle risposte definitive bensì dei risultati, difficilmente ottenibili con sistemi tradizionali, che il ricercatore dovrà poi valutare ed interpretare. L'impiego di tecnologie elementari è invece spesso frutto di impreparazione di base; si traduce nella costruzione di banche dati alfanumeriche o per pictures che non sfruttano le ampie possibilità relazionali oggi connaturate ai databases, e di piattaforme grafiche vettoriali solo talvolta georeferenziate correttamente e contenenti informazioni complete. Si tratta di applicativi slegati fra loro e non delle componenti di un sistema di gestione-processamento.

L'informatica applicata comporta modalità diverse di registrazione, di controllo e di elaborazione; apre inedite prospettive di ricostruzione storica difficilmente ottenibili senza il ricorso alla potenza degli attuali super computer. Ignorarla, o non sfruttarla appieno, significa fare a meno di uno strumento metodologico innovativo e decisivo per progredire nella ricerca. Inoltre traghetta la nostra disciplina nell'odierna "società dell'informazione" dove il sapere è inteso come collettivo e cumulativo e dove il dialogo avviene attraverso il libero scambio di dati in forme integrate di archiviazione (database, GIS, web). La socializzazione della propria conoscenza tramite un sistema nel quale dialogano tutti gli applicativi realizzati, gestito intranet ed internet, rappresenta quindi il terreno principale su cui confrontarsi.

In conclusione, non si tratta di porsi in antagonismo con le "tradizionali" procedure di documentazione, bensì di evolvere e migliorare gli strumenti analitici a disposizione del ricercatore e di creare le condizioni per un impiego finalmente reale dei dati archeologici nella gestione del territorio o del contesto urbano.

**Archeologia digitale come strumento di trasparenza e di utilità sociale** - La rete rappresenta il mezzo già disponibile per costruire e trasmettere un sistema di gestione del sapere archeologico. La realtà attuale non rivela però un panorama confortante proprio per l'uso fatto dagli archeologi e per l'atteggiamento tenuto nei suoi riguardi. Attraverso un'analisi spesso semplicistica, viene accusata di diffondere soprattutto esposizioni banalizzate, ponendo così una pesante pregiudiziale al suo utilizzo.

Internet costituisce essenzialmente uno strumento di comunicazione, nato per realizzare lo scambio di informazioni fra computer; è una rete di persone in relazione attraverso dei terminali, una risorsa informativa, un palcoscenico di interazione culturale e sociale (su tali aspetti si veda per esempio INTERNET 2000). La superficialità di molti siti non è dettata dalle presunte semplificazioni ed astrazioni del computer, dalla struttura dei programmi o dalle capacità della rete stessa, bensì da chi opera; si tratta di un aspetto ovvio ma che spesso viene rimosso. Il web permette la circolazione a costi irrisori di informazioni complesse; non deve essere sottostimato e svilito ad una moda da seguire od un territorio da "marcare" per non sentirsi o per non essere giudicati retrogradi.

Oggi anche all'interno di Internet, dopo la fase iniziale di deflagrazione quantitativa dei siti archeologici, si è scavato un solco molto netto fra indagini trattate in modo esaustivo e siti "di presenza", realizzati cioè al solo scopo di comparire. L'utente sta decisamente privilegiando i contenuti verticali e relega nel limbo degli scarsi accessi le pagine poco approfondite od a malapena definibili "di servizio". La richiesta di conoscenza innesca alcuni processi: rende indispensabile farsi giudicare pubblicamente per il proprio operare e, conseguentemente, spinge verso un grado di dettaglio approfondito dei dati diffusi. Costruire sistemi di gestione ed aprirli ad un utilizzo pubblico, porta quindi dei benefici alla stessa ricerca. In primo luogo induce obbligatoriamente ad una revisione continua dei risultati affinché l'utente possa disporre delle migliori informazioni; di conseguenza il ricercatore si mette in grado di effettuare processamenti corretti formulando interpretazioni su basi non difettose od incomplete.

La chiarezza, l'affidabilità e la precisione dei contenuti immessi nelle moderne memorie collettive (destinate ad essere fruite da una pluralità composita di soggetti: dal ricercatore al semplice navigatore), ci pone poi oltre la prospettiva di uno scambio interno alla sola comunità degli archeologi. Si va così creando un inedito rapporto fra ricerca, grande pubblico, enti pubblici; sapere condurre indagini, documentando e diffondendo i dati attraverso le tecnologie d'avanguardia, rende partecipe del nostro lavoro la collettività (alla quale appartiene il patrimonio archeologico) e contemporaneamente lo impone nelle politiche di conservazione e valorizzazione paesaggistico-culturale ed urbanistica. L'Archeologia, nel rapporto ormai irrinunciabile con l'informatica applicata, potrà quindi rappresentare un bisogno, creare nuove professionalità,

essere valutata in relazione alla sua reale utilità sociale; gli archeologi incrementeranno gli strumenti atti ad operare per la soddisfazione delle necessità collettive, raggiungendo degli obiettivi concreti come auspicava pochi anni fa una corrente teorica molto accesa del post-processualismo rappresentata soprattutto da Shanks e Thilley (YOFFEE-SHERRATT, 1993, pp.119-130).

**La diffusione e la socializzazione dei dati è un dovere** - Nell'ottica esposta dobbiamo sottolineare, oltre alle mancanze di una parte del mondo accademico, la diffusa afasia delle soprintendenze (con alcune eccezioni per i casi di Pompei e Roma).

Eppure, la gestione del bene archeologico dovrebbe passare anche e soprattutto dalla sua conoscenza e dalla sua disponibilità pubblica; non mi risulta però alcuna operazione di informatizzazione dell'enorme archivio di notizie e di dati in possesso degli uffici o della costruzione di banche dati esaustive dei materiali archeologici esposti nelle diverse sedi od in deposito presso magazzini. Tutto ciò rappresenta un danno incalcolabile sia per la gestione-valorizzazione del patrimonio sia per la ricerca; il cittadino viene deliberatamente estromesso dalla disponibilità e dal godimento di un proprio "bene" ed il ricercatore non può accedere a tutte le informazioni teoricamente esistenti per condurre indagini in forma ottimale.

Le esperienze tentate si sono caratterizzate per inutili complicazioni operative quando l'applicazione tecnologica dovrebbe rendere tutto più facile. Alcuni anni fa, per esempio, è stato diffuso un programma di inventariazione dei materiali provenienti da scavi e da ricognizioni (Araphenix). Si tratta di un database elementare nella struttura, tremendamente complicato dall'architettura informatica, inutile per l'assenza di relazionalità con un sistema d'archivi più ampio e di inquadramento dell'archeologia territoriale. Il tempo e le risorse non sono stati investiti nella costruzione di applicativi esaustivi per la catastazione dei dati. Le soprintendenze non dispongono o non sviluppano regolarmente piattaforme GIS della risorsa archeologica territoriale regionale e tantomeno per gli scavi (neppure i più recenti); non è mai stato concepito un sistema d'archivi che contempla architetture relazionali estese dal territorio al singolo reperto rinvenuto in uno scavo.

Per informatizzare il patrimonio archeologico non basta commissionare dei cdrom esplicativi di alcuni scavi o di mostre; nè è sufficiente inserire in Internet una lista di musei od alcuni testi scaricabili sulle modalità di ricerca sul campo o concernenti poche aree archeologiche come abbiamo osservato recentemente sulle pagine web della Soprintendenza Toscana (indirizzo internet: <http://www.comune.firenze.it/soggetti/sat/>). Si rende necessario un serio progetto statale di informatizzazione del bene archeologico e questo dovrebbe essere uno dei compiti principali delle soprintendenze: chiarire l'entità di quanto censito, illustrarla nel migliore dei modi, diffondere le banche dati e costruire quindi strumenti ad uso sia della comunità scientifica sia della intera collettività.

Questa latitanza nel campo della documentazione informatica risulta ancora più grave oggi; il testo unico in materia di Beni culturali, offre infatti spazio ad ottuse interpretazioni limitanti la libertà della ricerca ma, al contempo, non obbliga (o non mette in grado) gli organi competenti ad intraprendere una moderna gestione e conoscenza del patrimonio archeologico.

Come ha sottolineato Francovich dalle pagine web dell'area di Archeologia Medievale dell'Università di Siena (indirizzo del forum sulla libertà della ricerca archeologica: <http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/LIB/LIBERTA.html>), la “giusta riserva dello stato sul patrimonio storico ed archeologico nella pratica si traduce generalmente in gestione monopolistica della ricerca e controllo (mai reciproco) sui processi conoscitivi” ed inoltre “lo stato attuale della gestione dei beni culturali non solo limita la libertà della ricerca, ma trasforma in retorica l'idea di far giocare i beni culturali in generale e la risorsa archeologica in particolare come momenti centrali per lo sviluppo e la crescita del paese”.

Com'è possibile allora realizzare questi obiettivi e attribuire un ruolo importante all'archeologia nei processi di valorizzazione economica e culturale di un territorio se gli stessi uffici competenti non solo non producono le piattaforme GIS indispensabili a tal fine ma nemmeno costruiscono un serio piano di archiviazione dei dati pregressi?

Anche per la rete non mostrano particolare attenzione e sembrano ignorare completamente l'argomento; i siti sono veramente pochi (in numero di 10: soprintendenze di Roma, Ostia, Pompei, Salerno-Avellino-Benevento, Abruzzo, Campania, Liguria, Puglia, Umbria), non contengono strumenti di conoscenza ed oltretutto, se vogliamo attribuirli un carattere di pagine di servizio, mancano anche di tutte le indicazioni essenziali: ispettori di zona e zone di competenza, ispettori onorari, una lista di tutti gli scavi od i recuperi effettuati nel tempo od ancora in corso, una lista degli scavi dati in concessione od in affidamento, un indice informatizzato dei volumi presenti in biblioteca, un archivio delle segnalazioni di rinvenimenti effettuati occasionalmente, delle vere carte archeologiche del territorio di competenza e non cartine in formato jpg con indicate poche aree archeologiche tutte rigorosamente di periodo etrusco (come nel caso toscano).

**L'archeologo deve essere protagonista** - Come abbiamo sinora sostenuto, l'impiego della tecnologia non può essere limitato o limitante, ma deve prevedere la consultazione ed il processamento dell'intera documentazione. Questo significa operare in prima persona nella progettazione e nella costruzione di un sistema informativo per l'archeologia, avendo ben chiari quali tipi di rapporti e di relazioni tra dati sono necessari.

Per disporre di sistemi di gestione calibrati, infatti, non possiamo delegare ad esperti od a professionisti la costruzione pratica degli strumenti. Esperienze in tal senso, anche condotte dal nostro insegnamento, non hanno portato a risultati apprezzabili: l'archeologia è una disciplina molto particolare,

difficilmente conciliabile con le logiche concettuali dell'analista (FRANCOVICH, 1999). Bisogna allora decidere quale può essere il grado di alfabetizzazione informatica degli archeologi e si richiede che all'interno delle strutture accademiche nascano il *know how* ed i canali della sua trasmissione. La soluzione si individua quindi nella nascita di solide esperienze che portino alla formazione di "scuole" ed il confronto, per essere realmente produttivo e veicolo di progresso collettivo, non riguarderà utilizzatori del computer e non utilizzatori; si porrà caso mai fra modi diversi di utilizzo, fra filosofie ed architetture informatiche.

I benefici reali dell'impiego diffuso di tecnologia digitale in archeologia passeranno obbligatoriamente attraverso una crescita complessiva. Se dalla metà degli anni novanta sono stati fatti dei passi avanti, non siamo però ancora autorizzati a credere che l'informatizzazione abbia definitivamente sfondato. L'innovazione si abbina spesso ad iniziative singole, più occasionalmente a progetti organici, e manca in generale una formazione tecnica a livello universitario. La sfida dovrà essere giocata sempre di più su tre aspetti: scambio generalizzato delle informazioni, creazione di una rete informativa che diffonda non solo semplici notizie o piccole schede di progetti ma soprattutto "contenuti" e "strumenti", infine formazione agli studenti. Quest'ultimo punto è a nostro giudizio, forse, il più importante. La crescita e l'innalzamento del livello di documentazione, la capacità di trasferire con velocità e completezza i nostri dati ad una pluralità di soggetti (dagli enti pubblici, alla comunità scientifica, al semplice appassionato) si otterrà solo alfabetizzando e specializzando gli studenti nell'informatica applicata. Alcune esperienze italiane sono ormai ben avviate; esiste quindi una tradizione che rappresenta un capitale da non delapidare. In questo campo, per esempio, l'ateneo senese si è mosso per tempo, attivando già da alcuni anni insegnamenti e moduli di informatica applicata alle humanities e programmando una laurea specialistica di imminente apertura.

I processi descritti si realizzano solo attraverso un confronto continuo fra i soggetti impegnati. Conseguentemente, per raggiungere uno standard (che non significa però globalizzazione nell'uso di questo o quel programma) si rende indispensabile la discussione su cinque aspetti ben delineati: filosofia di fondo (perché realizzo questo tipo di applicazione), struttura dell'applicazione proposta, caratteristiche delle banche dati, finalità delle relazioni tra applicazioni e banche dati, metodi di lettura dei dati (produzione di nuove informazioni archeologiche).

### **1 – L'esperienza LIAAM.**

A Siena, costituendo il LIAAM (Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale, attivo da un decennio e coordinato da Riccardo Francovich e Marco Valenti.), abbiamo cercato di raggiungere gli obiettivi sinora descritti. Il Laboratorio è composto da ventisei membri che sviluppano

tecniche di documentazione digitale finalizzate ad una gestione ottimale del dato archeologico. I sistemi elaborati sono quindi il mezzo principale per condividere il record con l'intera comunità scientifica e per connotarlo di una ricaduta pubblica. Il team di lavoro non è rappresentato da informatici, bensì da archeologi con il knowledge indispensabile per costruire e sperimentare una computerizzazione interamente tarata sulle esigenze dell'indagine archeologica. Si tratta in definitiva di sistemi digitali realizzati da archeologi per l'archeologia e conseguentemente modificabili in qualunque momento si presentino nuove esigenze di registrazione o di interazione delle informazioni. In sostanza, si è trattato di investire nel progetto risorse umane, mettere in grado un gruppo di formarsi attraverso il lavoro e la sperimentazione, confrontando inoltre i punti di arrivo raggiunti con quelli di altre unità operative.

Il gruppo di ricerca del LIAAM inizia lentamente a configurarsi nei primi anni novanta, periodo in cui già l'ambiente senese (anche a seguito di contatti con realtà estere al tempo più avanzate) percepiva la necessità ormai improrogabile di fare uso massicciamente del computer come mezzo principe nella gestione dei dati archeologici.

Il primo tentativo di crescita era stato ricercato alcuni anni prima facendo trasferire dal Centro di Calcolo dell'Ateneo un tecnico informatico. L'esperienza, nonostante lunghe sedute di discussione-erudizione (per comprendere cosa ci serviva e come ottenerlo) ed alcune lezioni sull'uso di programmi di videoscrittura e di archiviazione, non ebbe buon fine e si interruppe bruscamente. Poco tempo dopo cercammo il contatto diretto con una società di professionisti attraverso la quale speravamo e credevamo di ottenere un sistema di gestione per immagini e per archivi "chiavi in mano". Durante gli incontri che seguirono si materializzava comunque la difficoltà di cooperazione da ambedue le parti; non esistevano le condizioni per giungere ad un prodotto tangibile e soprattutto immediatamente operativo.

Contemporaneamente, a seguito di una Summer School di Pontignano, ebbe inizio un rapporto di collaborazione con Antonio Gottarelli, per alcuni anni professore a contratto presso il nostro Dipartimento, che ci ha mostrato attraverso le sue applicazioni quali scenari di progresso potevano schiudersi in prospettiva. Anche in questo caso, comunque, si commisero alcuni errori di impostazione. Gottarelli non venne sfruttato a pieno per alfabetizzare studenti e laureati del Dipartimento; invece di avere pazienza nell'aspettare una crescita interna si cercò di bruciare le tappe cercando nel suo operato quella stessa "panacea digitale" già sperata nel precedente rapporto con la società commerciale. La traccia più importante lasciata da Gottarelli, con il senno di poi, si riconosce nella trasmissione di quella filosofia di lavoro che, opportunamente sviluppata, è stata in seguito alla base della nascita del LIAAM: domare la tecnologia e realizzare in proprio le soluzioni.

Alla fine del 1989 era nato intanto il Laboratorio di Cartografia Archeologica della Provincia di Siena, un progetto che ci vede ancora oggi cooperare proficuamente con l'Amministrazione Provinciale. Questo evento ha iniziato a coagulare nel tempo un gruppo di archeologi e di studenti, animati dalla passione per l'informatica e decisi a svilupparne l'applicazione. Con i pochi fondi a disposizione il Laboratorio venne dotato di alcuni computer Macintosh per quel periodo molto potenti (la generazione Quadra) e di periferiche. L'acquisto in proprio delle attrezzature rappresenta ancora oggi una delle note costanti nella crescita del LIAAM; mai abbiamo ricevuto finanziamenti pubblici finalizzati e l'implementazione di tecnologia è stata sempre effettuata ritagliando alcune quote da fondi di ricerca diversi.

La trasformazione definitiva del Laboratorio di Cartografia nell'attuale conformazione di Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale si è verificata a partire dal 1993-1994 con l'inizio del progetto Poggio Imperiale a Poggibonsi (Siena). Questa indagine ha preso il via da un approfondimento della carta archeologica per valutare il potenziale della fortezza medicea di Poggibonsi. Il progetto iniziava come sperimentale; volevamo impiegare l'informatica in ognuna delle sue fasi, sia come strumento di documentazione sia come mezzo di lettura dei dati per ottenere informazioni. Lo sviluppo del progetto Poggio Imperiale è abbastanza noto per ripercorrerne le tappe; lo sforzo effettuato nel costruire un sistema informativo, crediamo, con pochi uguali, ha comunque formato un team di ricerca molto unito, complementare ed altamente specializzato: tuttora rappresenta il cuore pulsante del Laboratorio.

L'informatica ha da questo momento completamente trasformato il tipo di lavoro svolto in tutti i settori dell'Insegnamento di Archeologia Medievale e poi, per effetto "onda lunga" nell'intero Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena. In particolare, il LIAAM, ha sviluppato molte tecniche tra le quali citiamo il processamento al calcolatore di fotoaeree, la gestione GIS di scavi e territori, scansione ed editing avanzati, la modellazione 3D, il rendering foto realistico, animazione e morphing, la video documentazione elettronica, la fotografia digitale, CAD, la programmazione, la produzione di filmati multimediali, applicazioni QuickTime Virtual Reality, realizzazione di siti e pagine WEB. Oggi, queste competenze mettono in grado il nostro insegnamento di gestire l'intero processo di archiviazione e trattamento del record sino alla sua uscita per la comunità scientifica, per il grande pubblico, per gli enti amministrativi e di tutela, per il mercato.

**Il sistema di gestione dei dati: dalla macro scala alla micro scala** - Il sistema, concerne tutti i dati prodotti dalle indagini dell'Insegnamento di Archeologia Medievale; è stato progettato su tre livelli di registrazione ognuno corredato da molti tipi di archivi, piattaforme GIS, prodotti multimediali illustrativi, pagine web. Si imposta su un continuo dialogo fra dimensioni spaziali di diversa scala

(regionale, territoriale, i singoli siti) e quindi su un livello macro rappresentato dalla Toscana, un livello semi-micro dai territori oggetto di prospezioni, un livello micro dagli scavi.

La condizione per riuscire a pilotare dinamicamente una struttura di questo tipo è avere a disposizione una soluzione “performante” (definizione oggi alla base di tutti i nuovi computer immessi sul mercato), con interazione dei dati a tutte le scale spaziali e di archiviazione. Quest’obiettivo si raggiunge progettando una soluzione gestionale ipermediale (relazionando le piattaforme GIS di territorio e scavo, le stesse piattaforme alle banche dati alfanumeriche e multimediali, le banche dati fra loro) con link multidirezionali che attraversano tutti i piani di informazione e che originano da una griglia di domande completamente aperta.

L’ipermedialità rappresenta infatti il nuovo punto di arrivo del rapporto archeologia-informatica. Questa categoria di creazioni racchiude tutto ciò che è programmabile e riconducibile in un sistema composito di documentazione integrata; la programmazione è così la frontiera che l’archeologo deve riuscire a varcare se vuole padroneggiare il computer come un semplice elettrodomestico. Crescere in termini di elaborazione dei dati e di produzione di informazioni vuol dire riuscire a programmare e scrivarsi il proprio protocollo di gestione; la conoscenza del linguaggio da infatti modo di creare un sistema non disponibile sul mercato, una soluzione ipermediale appunto, composta di moduli diversi, correlati a seconda delle nostre esigenze di archeologi.

La soluzione individuata e la nostra attività si è quindi indirizzata verso la creazione di OpenArcheo, il prototipo di un sistema integrato ed aperto per la gestione del dato archeologico; tramite un’interfaccia semplice permette di collegare vari tipi di dati (cartografici, planimetrici, alfanumerici, grafici, multimediali, ecc.) in modo multidirezionale fra le diverse applicazioni.

Il concetto di base sul quale si fonda il sistema ruota intorno a due parametri: la documentazione (quale tipo di documentazione intendiamo reperire?) e la keyword di relazione (in base a quale chiave di ricerca vogliamo reperire la documentazione?). Per esempio se dalla base GIS di uno scavo intendiamo visualizzare la ceramica pertinente al periodo dell’oggetto selezionato la documentazione sarà costituita dai reperti ceramici, la keyword di relazione dal periodo ed il collegamento avverrà fra la base GIS ed il DBMS relazionale dello scavo. La facilità e l’utilità di una simile gestione risulta facilmente intuibile, soprattutto se si considera la possibilità multidirezionale dei links (giacché tutte le applicazioni che gestiscono i singoli tipi di dati interagiscono con tutte le altre), il vasto range delle informazioni reperibili dalla scala macro (per esempio la carta archeologica di un’intera regione) a quella micro (per esempio la scheda di un singolo frammento ceramico proveniente da scavo) e la rapidità dei collegamenti.

**La progettazione del “cuore” di sistema** - Da un punto di vista tecnico OpenArcheo è un sistema programmato costituito da routines organizzate su tre livelli: la parte principale realizzata con OneClick, gli script locali delle singole applicazioni che sfruttano gli eventuali linguaggi di programmazione residenti ed alcuni passaggi particolari realizzati con Apple Events o AppleScript app's.

Come più volte ribadito OpenArcheo è un sistema in continuo aggiornamento per quanto riguarda la gestione di GIS e database, l'integrazione di nuove classi di dati e lo sviluppo dell'interfaccia di link multidirezionali fra le varie applicazioni. Recentemente infatti ha visto sviluppi in tutti questi ambiti ed anche il ventaglio dei link multidirezionali è stato ampliato, in particolare con l'implementazione di due nuove classi: i prodotti multimediali e il matrix di Harris per le piattaforme di scavo.

I prodotti multimediali erano già stati contemplati nella prima versione di OpenArcheo, sviluppata a partire dal 1996; la configurazione attuale del sistema non aveva previsto finora i link alle produzioni multimediali. L'implementazione di link (ovviamente unidirezionali da tutte le applicazioni coinvolte verso i multimediali) è stata attuata attraverso un sistema di cartelle relative ai singoli progetti di ricerca e contenenti gli alias a tutti i prodotti multimediali di interesse per il progetto stesso. Un'esigenza da tempo irrinunciabile per un trattamento efficiente e completo del dato stratigrafico è costituita dall'integrazione nel sistema del matrix di Harris. Motivi di praticità hanno suggerito la scelta di un'implementazione su foglio elettronico: seppur con una resa grafica minore rispetto a programmi di tipo organizer o a software di grafica vettoriale, la struttura a celle si adatta bene alla gestione di un grafico matriciale tipo quello di Harris. Un'ulteriore possibile soluzione sarebbe stata quella di intraprendere la creazione *ex novo* di un software per la gestione di matrix, con la conseguenza di un drastico allungamento dei tempi di realizzazione. Da scartare invece l'ipotesi di un utilizzo dei software presenti sul mercato o scaricabili gratuitamente dalla rete: questi infatti si configurano come applicazioni stand-alone che non permettono un'interazione con il nostro sistema di gestione. Per ora si sono realizzati i link fra il matrix e tutte le altre classi di dati coinvolte in OpenArcheo (DBMS alfanumerici, DBMS media, piattaforme GIS di scavo e territorio, applicazioni multimediali). E' invece in corso di elaborazione un sistema di routine che permetterà, basandosi sull'architettura del nuovo DBMS descritto sopra, la creazione in automatico dei matrix a partire dal contenitore *Unità stratigrafiche*.

A breve inizieremo una ricodifica complessiva di OpenArcheo, tesa ad eliminare problemi di compatibilità fra piattaforme diverse e rendere più razionale ed efficiente il sorgente, in vista di una possibile operazione di packaging della soluzione che consentirebbe di raggiungere un notevole numero di utenti all'interno della comunità scientifica. Resta comunque da decidere quale sarà l'ambiente di sviluppo: ci stiamo orientando in via sperimentale verso

CodeWarrior, con un'attenzione particolare verso i tools C++ del noto ambiente della Metrowerks.

**Le componenti del sistema** - In questo momento OpenArcheo permette di consultare l'intera documentazione catastata e comprende attualmente le seguenti piattaforme GIS (ognuna corredata da archivi alfanumerici e multimediali, da prodotti multimediali illustrativi):

- Castelli scavati in Italia: registrazione georeferenziata, alfanumerica e raster delle informazioni edite;
- Edito della rivista "Archeologia Medievale": registrazione georeferenziata ed alfanumerica dei rinvenimenti pubblicati fra 1974 e 2001 con aggiunte effettuate sulla base della bibliografia raccolta; questa piattaforma si sta progressivamente ampliando con la finalità di censire e catastare l'intero novero delle indagini effettuate in Italia all'interno della nostra disciplina e quindi destinato ad inglobare anche la piattaforma dei castelli (ARAMI = Atlante delle Ricerche di Archeologia Medievale in Italia)
- Progetto Siti d'Altura della Toscana (SAT; sviluppato inizialmente nell'ambito della collaborazione con il gruppo Bassilichi, si tratta forse della più grande carta archeologica esistente a livello regionale; consta di oltre 2000 castelli ed oltre 4.000 anomalie su fotoaerea; registrazione georeferenziata, alfanumerica e raster (FRANCOVICH-GINATEMPO 2000);
- Carta archeologica della Provincia di Siena (dati puntiformi e rinvenimenti perimetrati);
- Carta archeologica della Provincia di Grosseto (dati puntiformi);
- Carta archeologica della diocesi di Massa e Populonia (da implementare);
- Carta archeologica di Siena città contenente tutti gli scavi effettuati in ambito urbano, i rinvenimenti noti, le emergenze monumentali, le informazioni archivistiche riguardanti i ceramisti senesi fra XIV-XV secolo e dati provenienti dalle ricerche svolte all'interno del Dipartimento di Storia della nostra università, le indagini di archeologia dell'architettura effettuate su alcuni monumenti e, sperimentalmente, un modello dati per la gestione ed il processamento delle unità stratigrafiche murarie;
- Carta archeologica di Grosseto città.
- Scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (SI);
- Scavo di Rocca S.Silvestro (Campiglia M.ma-LI);
- Scavo di Rocchette Pannocchieschi (Massa M.ma-GR), in corso di realizzazione;
- Scavo della Rocca di Campiglia (Campiglia M.ma-LI);
- Scavo della Rocca di Piombino (Piombino-LI), in corso di realizzazione;
- Scavo di Selvena (GR);
- Scavo di Castel di Pietra (Gavorrano-GR);
- Scavo di Miranduolo (Chiusdino-SI), in corso di realizzazione,

Stiamo inoltre impostando due ulteriori piattaforme GIS: l'Atlante dell'edilizia altomedievale europea (per la quale sono già disponibili gli archivi alfanumerici e multimediali nonché la registrazione puntuale georeferenziata) ed il cosiddetto "Archivio Berti" (nato dalla collaborazione con Graziella Berti, stiamo scansionando ed archiviando l'intero patrimonio fotografico della ricercatrice che, a breve, sarà anche inserito su una base GIS). Questo complesso di piattaforme rappresenta una soluzione GIS ipermediale tale da permettere di raggiungere contemporaneamente tre obiettivi: gestione di informazioni per la salvaguardia e per la tutela, accelerazione dei tempi d'indagine, elaborazioni sofisticate dei dati.

Dalla fine del 2000, all'interno di un progetto pluriennale in comune con la Fondazione Monte dei Paschi di Siena ("Paesaggi Medievali"), abbiamo iniziato sia ad arricchire il patrimonio dei dati catastati sia un'apertura "sul territorio" del nostro lavoro. Questo progetto, incentrato sulle province di Siena e Grosseto e sul comprensorio Piombino-Donoratico, sta permettendo al nostro Insegnamento di incrementare la dotazione tecnologica, di fare crescere professionalmente (dando quindi anche occupazione) oltre venticinque operatori, di fare ricerca informatizzando e creare un rete informativa e di trasmissione dei dati articolata sul LIAAM (sede di alta elaborazione e del server centrale) sullo Spedale del S.Maria della Scala di Siena, sulla fortezza di Poggio Imperiale a Poggibonsi (SI), su Grosseto e Piombino (LI).

Tra le tante operazioni da compiere, in un'ottica di costruzione di banche dati, si segnalano l'archiviazione integrale (archivi e GIS) di tutte le ricerche dell'attività quasi trentennale della cattedra di Archeologia Medievale dell'ateneo senese, la costruzione di un museo virtuale della ceramica senese, di archivi bibliografici e di pagine web sull'evoluzione della nostra disciplina, sulla ceramica, sui metalli, sul vetro (compresa la cartografazione su GIS di tutti gli scavi ed i rinvenimenti italiani), sulle ossa animali (anche in questo caso con cartografazione su GIS di tutti i rinvenimenti italiani), il completamento della cartografia toscana medievale incrementando chiese e monasteri (collaborando con l'insegnamento di Storia dell'Architettura), la realizzazione della Carta Archeologica della Toscana (preistoria-età moderna), censendo tutto l'edito disponibile. Quest'ulteriore evoluzione delle nostre banche dati (amministrata da OpenArcheo) costituirà uno strumento unico per l'Archeologia Medievale; uno strumento che, oltre nei poli collegati in rete tra loro, potrà in forme diverse e da definire nel dettaglio essere reso consultabile dagli specialisti, dagli appassionati, dagli organismi amministrativi.

## **2 – La piattaforma GIS del territorio nell'esperienza senese.**

Redigere cartografia archeologica prevede due obiettivi principali, uno scientifico ed uno di politica culturale e territoriale. Il loro raggiungimento permette da un lato di comprendere l'evoluzione insediativa di una regione e

dall'altro di fare entrare definitivamente l'archeologia nelle dinamiche di gestione e valorizzazione che le competono.

Le indagini riguardano il censimento del noto e la ricognizione diretta del terreno. Si tratta di aspetti diversi ed ormai tradizionali della medesima attività; ambedue sono indispensabili ma entrambi presentano problemi che devono essere risolti per raggiungere standard competitivi e coerenti con gli attuali sistemi digitali imperniati sul dato cartografico.

Sino a pochi anni fa, la mappatura archeologica veniva svolta tramite battitura a terra e rappresentando i rinvenimenti in simboli puntuali su supporti cartacei quasi sempre in scala 1:25000. Attualmente, la cartografia passa ancora per la ricerca sul campo ma le operazioni di rilevamento sono state sostituite dall'impiego dei computer; il loro utilizzo ottimale è indispensabile per scongiurare progetti che già in partenza si collocano ad un grado di arretratezza sugli standard di documentazione ormai imprescindibili.

Oggi si dialoga con le amministrazioni pubbliche per una progettazione congiunta, se produciamo e forniamo archeologia in formato digitale. Il valore di una ricerca risiede, oltre che nella bontà scientifica, nei giga di informazioni dettagliate ed archiviate in standard d'avanguardia. Questa "rivoluzione" ha così aperto nuove prospettive al lavoro dell'archeologo e ad un impiego per fini pubblici del suo operato. Ha indotto un maggior peso alle nostre ricerche di fronte agli enti preposti alla tutela, alla gestione del territorio e ai beni culturali che necessitano di inserire la risorsa archeologica nella cartografia numerica complessiva del territorio di competenza.

Paradossalmente il progresso non ha portato solo benefici, poiché l'archeologia che trasmettiamo deve rispondere a precisi requisiti di completezza e di dettaglio; ciò ha messo in luce quelle carenze, oggi drammatiche, che da sempre investono i nostri dati, soprattutto per gli aspetti legati alla rilevazione ed alla loro traduzione in forma geometrica con attributi fondamentali identificativi. L'informatizzazione dell'edito (spesso tratto da carte in scala 1:100.000) e dei rinvenimenti di ricerche anche recenti, ha quindi sottoposto ad una prima, generale e severa verifica la qualità del lavoro svolto dalla metà degli anni settanta ad oggi. Ad essa sta conseguendo una perdita di dati non indifferente, causata da un sistema di rappresentazione puntiforme fuori scala e con localizzazioni macroscopicamente errate. Pensiamo per esempio ad uno dei tipi di rinvenimento più frequenti durante le ricognizioni, cioè l'emergenza in superficie di reperti mobili concentrati in uno spazio di 10 x 10 m. circa. La sua registrazione manuale e sottoforma di pallino su una carta al 25.000 è sempre grossolanamente falsata; un posizionamento esatto dovrebbe avere le dimensioni di un foro effettuato con la punta di uno spillo. Ne consegue che le mappature archeologiche redatte sino ad oggi non sono in gran parte utilizzabili come shape di un GIS destinato ad uffici tecnici o cartografici: non presentano i requisiti essenziali di completezza.

Il computer richiede il miglioramento delle tecniche di indagine tradizionali; le sue funzioni di calcolo e di processamento rappresentano delle cartine tornasole impietose nell'evidenziare le carenze della documentazione. Misurare, rilevare, posizionare, contare e georeferenziare sono quindi i cinque attributi essenziali che permettono la razionalizzazione dei rinvenimenti ed una loro funzionalità nella gestione digitale ed amministrativa del territorio.

**Una piattaforma GIS raster e vettoriale** - La piattaforma GIS dedicata al territorio provinciale senese è un modulo di una più ampia cartografia archeologica regionale in via di realizzazione. Impostata in origine sul software ArcView, sta già fornendo i primi, significativi risultati ma, non ritenendoci completamente soddisfatti del programma, abbiamo deciso di utilizzare ArchInfo per le elaborazioni più impegnative (calcoli e ricerche complesse, applicazione di modelli).

La costruzione di basi GIS non ha inteso la mera archiviazione georeferenziata dell'informazione; stiamo tentando di sviluppare anche gli aspetti predittivi e programmatici che ci permettano di calcolare l'eventuale potenziale archeologico di aree non ancora indagate sul campo e progettare strategie di ricerca adatte; inoltre di mettere in grado le amministrazioni pubbliche di orientare sia sulle zone già indagate sia sulle zone ancora da indagare (ma oggetto di predittività) le scelte di conservazione, tutela, valorizzazione, plausibilità di interventi distruttivi ecc.

La creazione di piattaforme GIS non può prescindere dalla disponibilità della migliore base cartografica, nei formati raster e vettoriale e nelle diverse scale di acquisizione. Grazie a convenzioni stipulate e ad acquisti (peraltro ingiusti se le carte sono prodotte tramite denaro pubblico), la nostra dotazione si è progressivamente arricchita di nuovi tematismi e di maggiori sezioni CTR 10.000. Le piattaforme sulle quali operiamo sono così complete di dati nei formati raster e vettoriale e recentemente siamo riusciti ad accompagnarle con il DTM regionale, disponibile in formato grid e dbf..

Il caso senese è sicuramente fra i più fortunati ed avanzati nel panorama italiano, in quanto ci troviamo a trattare con amministrazioni che hanno ben compreso la necessità dell'allestimento di cartografia numerica per un'agevole ed efficace gestione del territorio di competenza e rispettato le direttive nazionali. Al riguardo, dobbiamo rilevare un ritardo generalizzato nella produzione dei supporti. Il governo aveva posto la data del 2000 come termine ultimo per la copertura totale del territorio statale ad una scala di 1:10.000 ma la scadenza non è stata rispettata da nessuno. Questo potrebbe rappresentare un limite molto forte per qualunque progetto che intenda avvalersi della tecnologia GIS; bisognerebbe supplire alle mancanze degli enti preposti, facendo ricorso a ditte private e specializzate nella produzione di cartografia vettoriale (però con costi spesso proibitivi per un'unità di ricerca).

Nella nostra esperienza, abbiamo fin da subito avvertito il bisogno di richiedere cartografia sia raster (fogli IGM, quadranti CTR, mappe catastali con relativo file di georeferenziazione) sia vettoriale (digitalizzata da immagini raster ma modificabile, misurabile e arricchibile di un archivio alfanumerico che permetta l'accumulo di informazioni per ciascun oggetto disegnato). In mancanza di una copertura completa del territorio a tutte le scale e per qualunque tematismo o tipo di cartografia, tendiamo ad accumulare quanto più materiale possibile preferendo, in linea di massima, le scale di acquisizione più basse, proprio per l'entità relativamente modesta dei nostri interventi nello spazio geografico. Le evidenze e le concentrazioni di materiali richiederebbero infatti una precisione al metro o comunque uno scarto non molto superiore. Nei casi in cui queste richieste non siano esaudibili, si può comunque lavorare anche con gradi di precisione più grossolani, senza per questo dover ritenere falsato il dato finale (è sufficiente dichiarare la scala cartografica alla quale sono state condotte le ricerche, fornendo così i parametri per tarare i risultati delle analisi).

Nel formato raster, attualmente, ci siamo assicurati la totalità della copertura regionale dei fogli IGM (scala 1:25.000), base di partenza fondamentale, dal momento in cui ci garantisce di poter lavorare in qualsiasi zona del territorio toscano con margini di precisione minimi. Nel caso della provincia senese la copertura totale è assicurata anche a scale minori: unendo i quadranti CTR disponibili all'1:10.000 con quelli disponibili all'1:5.000 si riesce infatti a coprire l'intera estensione. Questa è una risorsa formidabile soprattutto per i ricognitori; collocata in automatico l'area di spargimento dei materiali mobili, possono anche rintracciare con facilità, nell'attività invernale di laboratorio, tutti i singoli campi battuti perimetrando lo stato effettivo della ricerca (dando cioè attributi relativamente al grado di visibilità, allo stato di conservazione dei depositi, all'estensione effettivamente coperta). L'intera provincia è inoltre visualizzabile caricando un unico file di generico riferimento, in scala 1:100.000. In alcuni casi fortunati, frutto della collaborazione anche con i singoli comuni, è stato inoltre possibile ottenere, per i soli centri storici e poche altre zone significative, una mosaicatura estremamente raffinata a scale di maggior dettaglio (1:2.000 e 1:1.000).

Anche nel formato vettoriale abbiamo accumulato molto materiale e sicuramente il nostro bagaglio è destinato ad aumentare consistentemente ed in progress, poiché su questo tipo di cartografia i SIT stanno maggiormente lavorando. In particolare vengono sviluppati due differenti tipi di supporti: carte tematiche, a scale d'acquisizione che variano fra l'1:25.000 e l'1:100.000 (cartografia Gis Oriented) e quadranti CTR derivati dalla vettorializzazione dei corrispondenti quadranti raster alle rispettive scale (cartografia Map Oriented).

La produzione Gis Oriented avviene a copertura regionale o provinciale (a seconda dell'ente fornitore) ed è mirata all'illustrazione di determinati tematismi, evidenziando le aree e le modalità della loro manifestazione.

Possiamo quindi avere casi in cui vengono semplicemente indicate le zone interessate da particolari processi storici o naturali, o soggette a leggi e/o vincoli (di carattere storico-archeologico, architettonico o ambientale), o ancora segnate dalla presenza di elementi antropici o naturali (aree urbanizzate, fiumi, laghi, ecc.). Per i tematismi estesi su tutto il territorio, viene invece operata una distinzione “qualitativa” che permette di leggere i diversi caratteri o le differenti proprietà del contesto esaminato, oppure consente di creare una discriminazione sulla base dell’entità dei vari fenomeni analizzati (è il caso delle carte geologiche, climatiche, di uso del suolo o simili). Più omogenea si presenta invece la produzione Map Oriented, trasposizione in formato vettoriale dei vari quadranti della Carta Tecnica Regionale, disponibili alle scale 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 (su quest’ultima si stanno concentrando i maggiori sforzi per il completamento dell’intera griglia). Differentemente dal raster, però, gli elementi rappresentati possono essere misurati, modificati, caratterizzati da nuove o mutate proprietà, arricchiti di dati ed informazioni, distinti o assemblati sulla base dei valori a ciascun record assegnati. Od ancora, si possono unire in un unico *layer* oggetti appartenenti a differenti documenti di origine; oppure, al contrario, isolarne alcuni sulla base di un qualsiasi criterio frutto di ricerche effettuate sugli archivi interni dei vari temi.

Insomma, i quadranti possono essere modificati nel tempo ed organizzati a piacimento secondo diverse chiavi di lettura. Queste possono anche stravolgere la rappresentazione dei dati senza assolutamente mutarne l’entità o i valori che sono stati loro assegnati. Addirittura, nel momento in cui ci vengono forniti, per riuscire a formare un quadrante completo di tutte le sue originarie informazioni è necessario assemblare più di dieci temi. Così l’idrografia verrà rappresentata tramite un tematismo puntuale (sorgenti, fonti, ecc.), uno lineare (fiumi, torrenti, canalizzazioni, ecc.) e uno areale (laghi e stagni). Altri tematismi puntuali verranno utilizzati per indicare i punti quota o per restituire convenzionalmente le località minori; altri lineari impiegati per la resa della viabilità o delle curve di livello; quelli areali per una suddivisione degli spazi a seconda della loro funzione o della loro destinazione d’uso.

Al fine di una più completa e dettagliata interpretazione, inoltre, una serie di codici convenzionali permette di distinguere ulteriormente i caratteri degli elementi di ogni singolo tema: a ciascun codice corrisponderà così un tipo di strada (autostrada, strada statale, provinciale o comunale, ecc.) o di corso d’acqua, oppure una differente destinazione di spazi e edifici (uso privato o pubblico, agricolo o commerciale, civico o religioso, ecc). Al momento risulta disponibile solo una parte dei quadranti in scala 1:10.000 componenti la mosaicatura regionale; si devono quindi segnalare dei vuoti che investono anche interi contesti provinciali. Fortunatamente, nel senese, l’attuale disponibilità copre l’intero settore settentrionale e già consistenti porzioni di quello centrale e

meridionale; il completamento dell'intero quadro provinciale sembra possa realizzarsi entro la primavera 2001.

**La piattaforma territoriale del senese** - Per quanto riguarda la base GIS della carta archeologica provinciale senese, ci siamo mossi su due scale d'intervento e di analisi: quella dei singoli comuni (ciascuno indagato tramite ricognizione); quella più vasta dei contesti territoriali con un'omogeneità storico-paesaggistica (Chianti, Valdelsa, ecc.) e per i quali le indagini sono finalmente arrivate alla fase di sintesi interpretativa.

Nel primo caso, la piattaforma GIS viene utilizzata dagli stessi ricognitori in tutte le fasi del loro lavoro, parallelamente all'attenta compilazione degli archivi alfanumerici. Dopo l'iniziale operazione di censimento del materiale edito e delle fonti d'archivio, la possibilità di valutarne la distribuzione nello spazio permette allo studente di tracciare i transetti scelti come aree campione della propria indagine. Tale scelta non è in realtà condizionata solo dalla posizione nello spazio delle presenze già conosciute. Caricando carte di uso del suolo e curve di livello, infatti, si tentano di evidenziare i diversi habitat di cui si compone il territorio comunale; di conseguenza la campionatura verrà orientata in maniera tale da comprenderne una porzione rappresentativa di ciascuno di essi (nuclei urbani, boschi, seminativi, colture stabili, a loro volta situati in aree pianeggianti o d'altura, con determinate forme di occupazione antropica) e verificare le tendenze insediative (od i modelli d'insediamento) suggeriti dal GIS. Con l'inizio dell'attività sul campo, oltre alla normale opera di documentazione basata sulla stesura degli archivi riguardanti UT e relativi materiali, i ricognitori procedono ad un continuo aggiornamento della documentazione tramite perimetrazione sia dei campi battuti che delle evidenze riscontrate.

Grazie a queste attività è possibile visualizzare e calcolare la reale estensione delle aree concretamente indagate; cioè effettuare una valutazione meno approssimativa di quella fornita dai soli transetti (troppo spesso inglobano nei propri confini porzioni di paesaggio in realtà non controllato) e consegnare anche ai futuri usufruttori della ricerca il quadro reale di quanto è stato effettuato e di come è stato effettuato. In definitiva, si tratta di un'operazione di trasparenza. Lo stesso processo di delimitazione degli effettivi confini delle unità topografiche (tramite GPS) fornisce un'inedito valore alle carte archeologiche, in un recente passato operativamente inutilizzabili dalle amministrazioni pubbliche in fase di pianificazione (tranne per le zone contraddistinte da emergenze monumentali chiaramente percepibili).

Non si esauriscono comunque in queste motivazioni (censimento finalizzato alla tutela) i vantaggi delle attività di perimetrazione; anche la ricerca ne trae giovamento soprattutto per le molteplici capacità di calcolo consentite dalle piattaforme GIS permettendo operazioni complesse di incrocio fra

tematismi: un esempio può essere indicato nel calcolo della densità di presenze archeologiche, ricavato dal rapporto fra perimetrazioni dei campi e delle UT.

Ci sembra però giusto sottolineare come tale svolta non abbia assolutamente coinciso con l'accantonamento del tematismo puntuale che resta un ottimo strumento soprattutto per la rappresentazione simbolica dell'evoluzione diacronica dei paesaggi e per la caratterizzazione tipologica delle maglie insediative in contesti sincronici.

Riassumendo, nel lavoro che uno studente svolge sul territorio comunale, fin dalle prime fasi di impostazione della ricerca vengono utilizzati archivi alfanumerici per attività di schedatura e basi GIS per la programmazione dell'attività sul campo e la scelta delle aree d'intervento. Nel corso dell'indagine diretta sul campo (e nei mesi dedicati alla sistemazione della documentazione) si procede contemporaneamente alla perimetrazione di ogni singola unità territoriale e alla sua immissione in un archivio dal quale è sempre possibile esportare dati georeferenziati caricabili sulla piattaforma anche come tematismo puntuale.

**Il processamento dei dati: analisi ed applicazioni di modelli** - Una volta completate le ricerche, viene impostata, sempre sulla piattaforma GIS, la lettura e l'interpretazione dei processi insediativi sincronici e diacronici. Recenti indagini sulla zona dei comuni senesi di Colle Val d'Elsa e Poggibonsi, hanno iniziato a mostrare le potenzialità del sistema come strumento di elaborazione dei records e di processamento dei sistemi insediativi (VALENTI 1999). Le funzioni sviluppate dai GIS offrono infatti all'archeologo una vasta gamma di soluzioni per analizzare e portare a modellizzazione le vicende del popolamento e dello sfruttamento del suolo.

La base di partenza sulla quale si sono mosse le analisi è l'applicazione dell'overlay topologico, una delle funzioni di maggiore utilità poiché permette la costruzione di piani cartografici costituiti dai livelli d'informazione geografico-ambientale predefiniti (geologia, morfologia, vegetazione, orografia ecc.) e dalla casistica di siti archeologici richiamata. Si realizzano così analisi sincroniche e diacroniche sovrapponendo i dati in successione.

Il riconoscimento dei sistemi insediativi territoriali si è fondato sull'applicazione di modelli teorici geografici nella lettura di situazioni archeologiche sincroniche; al loro interno il dato statistico viene trattato nella vasta gamma di relazioni e combinazioni permesse dal calcolatore (per una rassegna di casi di studio relativi prevalentemente alla preistoria, si veda MOSCATI 1987, pp.125-131).

In generale il processo interpretativo è stato finalizzato alla formulazione di nuovi modelli insediativi e nella verifica della loro trasformazione nel tempo; le tendenze accertate sono poi state comparate con modelli elaborati per altri contesti regionali. Il punto di partenza, anche in questo caso, è stato rappresentato da un sistema di archivi il più possibile completi ed omogenei.

Dati disarticolati e privi di parametri comuni rischiano infatti di complicare, o addirittura falsare, ricerche e tematismi. Una dimenticanza o un errore al momento della compilazione delle voci attinenti alla definizione od alla cronologia comporta l'assenza e la conseguente mancata visualizzazione del record all'interno delle viste create.

Al momento dell'elaborazione della sintesi storica è risultato preferibile l'utilizzo dei temi puntiformi, visibili a tutte le scale, e frutto dell'esportazione dagli archivi, con la possibilità quindi di portarsi dietro le informazioni dei record utili all'analisi. In effetti, per indagini compiute su territori relativamente vasti non è richiesta la riproduzione in dimensioni reali delle varie UT; è sufficiente segnalare la semplice presenza, preferendo qualificarla su scala cronologica (macrodivisioni per secoli o epoche) o tipologica (distinzione per realtà insediative). In questi casi, forma e dimensioni delle emergenze in superficie diventano fattori di secondo piano, essendo sufficiente evidenziare, tramite legende, le fasi e la natura degli insediamenti; per tale scopo, un singolo punto di forma o colore differente può bastare.

Nella Valdelsa, per esempio, oltre allo studio del fenomeno incastellamento tramite applicazione dei poligoni di Thyessen, è stata ipotizzata l'articolazione della rete viaria medievale e valutata la natura di luoghi centrali di Colle e Poggio Bonizio per il XII-XIII secolo (periodo in cui conoscevano un processo di grande crescita, al punto da poter essere considerate come "quasi città"). La problematica risiedeva nel comprendere come la Central Place Theory di Cristaller si adattasse in una situazione storica e paesaggistica reale; inoltre, fornire un'ipotesi sull'estensione dei territori controllati dai due nuclei e leggerne la progressiva formazione (VALENTI 1999).

Lo studio delle possibili reti di comunicazioni è stato applicato collegandosi da vicino alla modellizzazione necessaria per la definizione dei due *central places*. Abbiamo costruito una fitta trama di linee tipo *polyline* che collegano tutti quei siti ritenuti principali e gerarchicamente dominanti. Per il X secolo sono stati collegati tutti i castelli e le curtis; per l'XI-XII secolo tutti i castelli. La sovrapposizione in *overlay* topologico della rete dei villaggi aperti ha fornito una prima verifica delle traiettorie più probabili ed allo stesso modo la successiva sovrapposizione della rete composta da chiese e monasteri ha ulteriormente tarato i modelli proposti.

Il confronto tra le diverse reti viarie delineatesi ci ha dato modo poi di ipotizzare le tendenze distributive del popolamento nel tempo e di osservare le tendenze attuatesi nella scelta degli spazi da occupare, di ipotizzare quali insediamenti potevano svolgere un ruolo di centri nodali (raccordo di più direttrici per l'immissione sulle arterie principali: Francigena e Volterrana). La taratura effettuata poi sovrapponendo la cartografia IGM con gli *shape* delle *polyline* (controllando convergenze o discrepanze con la viabilità odierna ed adattando le direttrici alla morfologia del paesaggio) ci ha permesso di eliminare

i collegamenti sicuramente falsi e tracciare una nuova cartografia della viabilità connotata da un buon grado di attendibilità.

In questo caso non si è potuto applicare alcun modello teorico; la base GIS ci ha comunque permesso di studiare il fenomeno di nostra iniziativa, sfruttando le più elementari funzioni del programma e cercando di ingegnarci nel tentativo di interrogare nella maniera più appropriata l'applicativo. La sequenza pratica della ricerca, impostata sul software ArcView, ha visto il seguente andamento:

- suddivisione in cronologie (queries sugli schedari e creazione di temi);
- individuazione di categorie di siti (ricerca sui temi della cronologia in base alle caratteristiche strutturali dei siti);
- comprensione delle tendenze distributive sul territorio (temi relativi alle diverse componenti insediative divise per cronologia in relazione alla posizione, alla geologia, alle quote, alla distanza dai corsi d'acqua);
- relazioni tra i diversi siti (rapporti interni di carattere gerarchico tra i diversi tipi di insediamento: se accentrato, o sparso, o per piccoli nuclei);
- applicazione di modelli geografici (verifica delle relazioni ipotizzate);
- taratura del risultato sul dato paesaggistico reale (adattamento delle forme prodotte sulla realtà paesaggistica);
- taratura dei modelli sul dato storico (seconda taratura sulla base di variabili gerarchiche ed insediative);
- formulazione definitiva del modello.

In conclusione, questo nuovo modo di proporre i risultati di un'indagine territoriale e la trasposizione dei modelli prodotti all'interno di situazioni storiche facendo incrociare piani di informazione spaziale orizzontale con piani di informazione verticale, è solo l'inizio dell'esperienza. I lavori che utilizzeranno parametri diversi vedranno l'applicazione di una più ampia gamma di analisi spaziali, sui quali stiamo lavorando anche in accordo con il Dipartimento di Storia della nostra facoltà, dove le ampie ricerche socio-demografiche a livello regionale impongono un uso integrato di database e sistemi GIS.

L'interrogazione della base GIS costituisce quindi uno strumento di analisi e di interpretazione dal quale gli archeologi potranno difficilmente prescindere. Infatti non solo ci permette di ricostruire sincronia e diacronia delle reti/organizzazioni insediativo-produttive confrontando ed integrando (rendendoli cioè interagenti) diversi tipi di analisi, ma al tempo stesso ci fornisce gli strumenti per una corretta valutazione e gestione del potenziale rischio archeologico nei contesti territoriali.

### **3 – La piattaforma GIS dello scavo nell'esperienza pilota del progetto Poggio Imperiale a Poggibonsi.**

Il GIS dello scavo nel tempo si è imposto come argomento di molte discussioni ed al centro di interesse crescente; anche in alcune università

iniziano a discutersi tesi di laurea ad esso dedicate. Chiarire cosa si intende per GIS di scavo è però necessario a causa della confusione che mi pare di riconoscere nel panorama italiano. Lavorare con un software GIS significa tradurre il dato archeologico (dall'unità stratigrafica al singolo reperto in strato) in oggetto di ricerca e in elemento base per ogni genere di elaborazione, dalla semplice visualizzazione tematica ai più sofisticati sistemi di processamento (analisi spaziali, di distribuzione dei reperti, di predittività ecc.). Se non s'intende processare il dato è inutile ricorrere ad una tecnologia così "faticosa" ed impegnativa: è uno spreco di tempo e di energie leggere e gestire con un software GIS un prodotto CAD non interrogabile a 360°.

Il GIS di scavo corrisponde invece ad un contenitore in cui il dato stratigrafico è integralmente riprodotto e dove ogni singolo oggetto individuato assume il ruolo di elemento di indagine a vari livelli. Prevede la costruzione di una macro pianta composita, continuamente aggiornabile, definita semplicemente dal rapporto spaziale fra strati distinti, anche in digitale, univocamente dall'assegnazione del numero di unità stratigrafica; le informazioni concernenti gli aspetti soggettivi ed interpretativi, trovano posto negli archivi alfanumerici con i quali la piattaforma deve essere continuamente relazionata (per gli aspetti relativi alle procedure di immissione e di caratterizzazione del dato archeologico: NARDINI, 2000).

La realtà di uno scavo è ricostruibile solo attraverso l'inserimento di tutte le sue componenti; si devono creare basi vettoriali spesso molto complesse che richiedono un alto grado di dettaglio e che comportano tempi di realizzazione molto lunghi. Tentare soluzioni di compromesso come l'inserimento delle piante significative (quasi sempre identificate con piante di fase o di periodo) o l'abolizione delle caratterizzazioni delle emergenze (le creste dei muri, i reperti rinvenuti in strato, ecc) penalizza e stravolge la funzionalità della piattaforma sia come semplice archivio di documentazione grafica sia come strumento di elaborazione del dato. In altre parole, una base GIS nella quale si è proceduto ad un inserimento parziale, pur se in alta percentuale, delle unità stratigrafiche presenti fornirà dati scorretti e non esaustivi (per esempio nella costruzione dei modelli distributivi dei reperti). Allo stesso modo, semplificare la rappresentazione del deposito, riducendolo ad un insieme di scarse superfici, prive di elementi di caratterizzazione, renderà la base inutilizzabile come supporto di consultazione integrale del dato e di produzione di piante a stampa.

**Perché costruire una piattaforma GIS dello scavo** – 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. Non credo sia ancora proponibile una gestione ed un'elaborazione tradizionale dei dati senza pagare il prezzo dei tempi troppo lunghi; ci mettono spesso fuori gioco nella velocità e nella completezza oggi necessaria nel veicolare le informazioni; alla stessa maniera si deve essere in grado di rendere disponibile tutto ciò che

abbiamo prodotto, dal rilievo al singolo reperto schedato. Con la tecnologia sono i tempi stessi di elaborazione ad essere polverizzati, così come la completezza e l'articolazione dei piani di informazione che possiamo andare a costruire e fare interagire per raggiungere conoscenza.

Inoltre, andando incontro ad un'esigenza, crediamo, comune a tutti coloro che si trovano a dovere pubblicare uno scavo, l'informatizzazione concede di uscire eliminando i forti costi necessari per l'edizione a stampa o per lo meno ridurli enormemente. Possiamo infatti decidere di immettere in rete o su un Cdrom dotato di viewer 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.

L'obiettivo perseguito nella realizzazione di un GIS dello scavo corrisponde alla produzione di uno strumento di lavoro che permetta 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" costituisce 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. 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 multimediale (il sistema degli archivi fotografici, grafici e dei filmati).

**L'esperienza Poggibonsi** - Negli anni '90 il Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena ha condotto un progetto di studio territoriale sulla Val d'Elsa, incentrato soprattutto sui distretti comunali di Colle Val d'Elsa e Poggibonsi. L'indagine è stata articolata sull'integrazione fra fonti storiche e fonti archeologiche; all'interno della diacronia insediativa ipotizzata, abbiamo poi approfondito la ricerca aprendo un'esteso cantiere di scavo in località Poggio Imperiale a Poggibonsi, collina sulla quale si collocava il sito fortificato di Poggio Bonizio, fondato nel 1155 e distrutto nel 1270. Questo castello, filiazione di una tra le più potenti famiglie toscane (i Guidi eredi dei Canossa), si era sviluppato in una realtà urbana nel corso del XIII secolo. L'intervento archeologico ha poi rivelato l'esistenza di una lunga frequentazione non attestata dalle fonti scritte (VALENTI 1996; VALENTI 1999 con bibliografia); l'agglomerato di

pietra era stato preceduto da un complesso tardoantico (del quale ancora non conosciamo la reale consistenza) e da un villaggio di capanne popolato per l'intero altomedioevo (dalla prima età longobarda sino alla piena età carolingia).

Il cantiere è nato come sperimentale; volevamo coniugare nuove strategie di indagine con le risorse messe a disposizione dalle nuove tecnologie. Tra i nostri obiettivi principali elenchiamo di seguito:

- ipotizzare la consistenza dei depositi attraverso un'indagine scandita da steps di avvicinamento progressivo al terreno (strategia di valutazione articolata fra ricognizione del terreno e trattamento al calcolatore di foto aeree a scale diverse);
- osservare i risultati di un intervento articolato per grandi aree (ad oggi è stato scavato più di un ettaro di terreno);
- leggere progressivamente il complesso attraverso un feed back retroattivo incrociando i piani d'informazione preliminari e di scavo;
- testare le risorse dell'informatica per una gestione globale del record;
- impiegare l'informatica come strumento per produrre informazioni.

Ognuno di questi obiettivi ha dato luogo ad ulteriori sperimentazioni, tra le quali citiamo la definizione di un metodo per la valutazione dei contesti di buche di palo e per la lettura di strutture in materiale deperibile (FRONZA-VALENTI 1997; inoltre FRONZA-VALENTI 2000), il tentativo di costruire una griglia di riferimento per la ceramica comune altomedievale toscana (FRANCOVICH-VALENTI 1998), la definizione degli indicatori materiali per individuare un modello di gerarchia sociale in ognuna delle fasi del villaggio di capanne (VALENTI 1999 e soprattutto NARDINI-SALVADORI 2000) e, non trascurabile, l'immediata diffusione dei risultati progressivi dello scavo accompagnati al grado di sviluppo delle ipotesi interpretative in corso (tra i tanti FRANCOVICH-VALENTI 1996; VALENTI 1996).

Il tentativo di gestire interamente in digitale lo scavo archeologico, si è imposto nel tempo come il contributo di grande novità che il progetto Poggio Imperiale sta portando. Poggibonsi è infatti l'unico cantiere interamente catastato all'interno di una piattaforma GIS relazionata ad un articolato sistema di archivi; contiene l'intera memoria dell'intervento (dalle indagini preliminari al deposito archeologico, dagli scarichi al progetto di parco), permette inoltre lo sviluppo di nuove metodologie di interpretazione del record e la progettazione mirata sia dell'ampliamento dello scavo sia della sua musealizzazione.

Nella nostra esperienza, il GIS dello scavo viene concepito come una piattaforma che contiene la memoria di tutte le operazioni e le ricerche effettuate. La collina di Poggio Imperiale è stata interamente vettorializzata ed inserita nel suo immediato contesto paesaggistico ed insediativo. Sono stati inoltre 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 computer delle fotoaeree effettuata nel 1991-1992 (fotoaeree regionali per levata cartografica, volo centri storici, foto da aereo da turismo, foto da pallone), la lettura al computer delle fotoaeree prese tramite elicottero da turismo negli anni 1996 e 1997. Infine l'intero scavo e le aree di scarico nei loro spostamenti progressivi (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 sono stati scavati sinora quasi due ettari con 5047 unità stratigrafiche sino alla campagna del 1999.

Ad oggi censisce 82413 elementi vettorializzati e raggiunge un peso di 116 mega; viene gestita su un MacIntosh G4 biprocessore a 500 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 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 x 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. Una gestione corretta della documentazione di scavo passa inevitabilmente dall'inserimento della grafica all'interno del programma GIS. La scelta del software è dunque fondamentale e deve orientarsi verso prodotti non condizionati da un'impalcatura logica troppo rigida. Ci siamo così indirizzati verso MacMap (prodotto in Francia e distribuito in Italia da Step Informatica - Torino), un programma che consente di costruire *ex novo* la struttura dei dati attraverso la creazione di un modello, organizzato per tipi e sottotipi, definiti sia geometricamente (superfici, linee, testo e punti) che graficamente.

Questa peculiarità del programma permette di comporre un'unica base di dati dove vengono però a convergere tutti i grafi vettorializzati, classificati al momento dell'immissione secondo gli schemi logici impostati dall'utente (facilmente modificabili comunque anche in seguito); in questo modo si rende

possibile in qualsiasi momento e per qualsiasi operazione integrare tutti i dati, anche se distribuiti in tipi distinti e con caratteristiche geometriche differenti.

Il modello dei dati è stato organizzato in modo da accogliere in maniera stratificata l'intero patrimonio di informazioni concernenti il sito di Poggio Imperiale: la morfologia e l'aspetto della collina precedentemente all'intervento archeologico, l'indagine non distruttiva (fieldwalking e rilevamento dei crop marks), l'intervento di scavo, gli approfondimenti di ricerca effettuati (indagine paleopedologica, test di geomagnetismo e resistività, studio antropologico dei reperti scheletrici), le prospettive di musealizzazione (parco archeologico) e le elaborazioni predittive sulla base dei dati già acquisiti. Tutti questi dati sono stati distinti in 13 tipi, sulla base della coerenza tipologica e della identità geometrica, evitando ridondanze. Il principio corretto per l'impostazione del modello è quello di costruire un'impalcatura tenendo conto delle caratteristiche intrinseche del dato e non del significato attribuito a seguito di interpretazioni soggettive.

Il sistema degli archivi grafici e multimediali vede l'uso di databases appositamente creati per la gestione di immagini, filmati e suoni e rappresenta uno strumento utile solo se si lavora intensamente con materiali di questo tipo; 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 keywords 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 7122 documenti tra immagini, filmati e animazioni.

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 oltre 40.000 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.

**Produzione di carte tematiche e analisi intra-site** - Attraverso gli strumenti offerti dalla tecnologia GIS, ogni singolo dato archeologico (dall'edificio alla pietra che fa parte di un muro od al reperto in strato) è oggetto di analisi; il trattamento può avvenire a vari livelli per ottenere carte tematiche e l'elaborazione di modelli interpretativi e predittivi tramite l'applicazione di tecniche di analisi statistica.

L'organizzazione per tematismi corrisponde senza dubbio al livello più elementare di interrogazione; si tratta di combinare i vari elementi presenti nella piattaforma in base a determinati criteri di ricerca (combinazioni di identificatori). Questa modalità di gestione non è un'analisi per mezzo della quale si costruiscono modelli distributivi o spaziali, bensì la visualizzazione di semplici carte tematiche generali.

Il livello immediatamente superiore di gestione riguarda invece la costruzione di carte tematiche dettagliate e funzionali ad una lettura del dato più articolata e complessa, operazione che richiede capacità progettuali sulla struttura del database interno (in modo da consentire il maggior numero di combinazioni possibile degli identificatori). Nel nostro caso, un lavoro di questo tipo ha riguardato la progettazione della piattaforma GIS dei resti osteologici umani per ottenere una visualizzazione dettagliata della distribuzione in pianta: abbiamo dovuto strutturare un database di identificatori abbastanza articolato per arrivare ad una gestione ottimale del dato in funzione di calcoli statistici relativi all'incidenza delle diverse patologie combinando le diverse fasce di età, il sesso e la parte anatomica colpita (FRANCOVICH, NARDINI, VALENTI, 2000).

Ad un livello più alto di elaborazione, troviamo invece l'applicazione delle funzioni analitiche per lo studio distributivo dei reperti di scavo, per produrre sistemi di lettura oggettiva delle evidenze e per realizzare carte di predittività. Abbiamo effettuato analisi di frequenze distributive e percentuali dei diversi campioni di reperti allo scopo di individuare delle variabili nella lettura di un sito: le diverse distribuzioni del materiale nello spazio possono fornire indicazioni relative ad usi alimentari, attività economiche e differenze sociali. In questo caso, la natura stessa della materia d'indagine obbliga ad un'impostazione diversa, rivolta allo sfruttamento integrato dell'archivio alfanumerico e di quello grafico; il motivo di questa scelta si lega al parametro di ricerca (ovvero il singolo frammento di osso animale o di ceramica o di vetro) che non appartiene alla base come informazione grafica autonoma. I dati relativi al campione di materiale vengono importati all'interno della piattaforma di scavo, sotto forma di grafi puntiformi, in seguito all'esportazione dei risultati delle quantificazioni precedentemente elaborate dal database; la x e la y del punto che li rappresenta esprimono convenzionalmente una posizione generica all'interno dell'unità stratigrafica che li contiene. Altri metodi di rappresentazione del dato quantitativo consistono nell'assegnare all'unità stratigrafica di rinvenimento cromatismi variabili a seconda della percentuale di presenza (si vedano NARDINI-SALVADORI, 2000 e BOSCATO, FRONZA, SALVADORI, 2000). In una fase successiva del lavoro, si deve prevedere di integrare il dato distributivo con quello spaziale per ottenere così un'ulteriore taratura dell'elaborazione nell'ottica di produrre modelli sempre più affidabili ed esaustivi.

Le funzioni di misurazione e calcolo spaziale rappresentano invece un utile strumento di supporto all'interpretazione delle evidenze di scavo; consentono di considerare elementi difficilmente valutabili senza l'ausilio del calcolatore e producono risultati ancora inconsueti nell'ambito dei processi interpretativi normalmente svolti sui dati di scavo. Nel nostro caso, la sperimentazione di questi sistemi ha permesso di studiare i contesti stratigrafici relativi alle buche di palo e alle strutture in materiale deperibile secondo criteri oggettivi, dettati dalla macchina in forma automatica e ottenuti attraverso metodi matematici e geometrici (FRONZA-VALENTI, 2000).

Infine la predittività. Questo tipo di analisi prevede una valutazione globale del contesto su cui si intende operare; corrisponde ad una lettura verticale di tutti i dati catastati all'interno della base ed ottenere indicazioni astratte da tradurre in un trend; l'individuazione delle tendenze aiuterà poi a produrre ipotesi probabilistiche sulla topografia dell'insediamento nel suo complesso, oppure funzionali all'orientamento dei nuovi settori di intervento. Tale processo di lettura comporta un alto grado di complessità. Richiede infatti una serie di operazioni e passaggi tutt'altro che immediati; per far sì che la macchina possa processare automaticamente il dato bisogna infatti fornire strumenti corretti e tradotti in un linguaggio a lei comprensibile: dobbiamo in realtà codificare, spesso in forma numerica, i dati a nostra disposizione per una elaborazione matematica o spaziale. Ad esempio, nella costruzione della pianta ipotetica di una delle fasi insediative del villaggio di Poggio Bonizio, abbiamo integrato dati di scavo, emergenze di superficie, evidenze di scavo e crop marks inserendoli dentro una griglia definita dal calcolatore sulla base della media dell'ingombro degli edifici scavati. Abbiamo impostato macro di calcolo affinché la macchina assegnasse cromatismi diversi a ciascuna delle celle definite dalla griglia nello spazio non ancora indagato a seconda del grado maggiore o minore di probabilità (in base alla concomitanza del tipo dei dati) della presenza di edifici ancora nascosti (VALENTI, 2000). Per arrivare a produrre un'ipotesi di questo tipo è stato però necessario implementare preventivamente il dato grafico e assegnare ai diversi elementi interessati dei valori numerici (relativi per esempio al grado di affidabilità) in modo che potesse avvenire correttamente l'integrazione del dato spaziale e matematico.

Concludendo, le potenzialità della tecnologia GIS applicata allo scavo archeologico sono realmente infinite. In considerazione di questo, appare sempre più chiaro quanto sia determinante il ruolo di colui che progetta la piattaforma. Creare uno strumento funzionale significa infatti offrire la possibilità di sfruttare con intelligenza ciò che abbiamo a disposizione, affinché l'utilizzo del mezzo informatico possa determinare un effettivo passo avanti nell'elaborazione del dato e nella produzione di conoscenza. La lettura congiunta dei dati e la loro elaborazione sono il migliore apporto della tecnologia GIS allo scavo. In questo risiede 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 la preparazione del fruitore.

#### **4 - Un sito Internet per l'Archeologia Medievale.**

I vantaggi di Internet sono noti universalmente: facilità di consultazione, semplicità d'uso, trasmissione di ogni tipo di informazione a più segmenti di utenza. E' un veicolo perfetto per la comunicazione, per lo scambio, per incrementare i contatti con altri archeologi ed altri organismi. Inoltre, nel caso della nostra disciplina, permette di superare alcuni dei mali che colpiscono a diversa profondità le unità di ricerca. Una di queste patologie è rappresentata dalle informazioni che non circolano per i lunghi tempi di costruzione ed elaborazione della documentazione, aggravata talvolta da un atteggiamento di "proprietà" esclusiva dei dati.

La rete mette a disposizione di tutti, in tempi strettissimi, i risultati delle ricerche; dando la possibilità di consultare la documentazione rende l'indagine oggetto di critiche e di reinterpretazioni; mette in grado gli organi di tutela (che a loro volta dovrebbero fare altrettanto) di avere una verifica ed un dialogo diretto assai più agevoli. Infine risolve l'antico e costoso problema della pubblicazione. La costruzione in proprio di siti internet (e di prodotti ipertestuali o multimediali oggi sempre più connessi al loro impiego in rete), abbatte decisamente i costi di socializzazione dell'informazione archeologica. Le risorse economiche richieste dalla stampa possono fortemente ridursi se limitate all'edizione di elaborazioni interpretative e sintesi, lasciando al web la consultazione di soluzioni GIS e di archivi.

**Le scelte tecniche e contenutistiche** - Nella realizzazione del sito Internet dell'Area di Archeologia Medievale, abbiamo voluto tenere in massima considerazione gli aspetti contenutistici, conciliandoli però con le regole imposte dal web e dai software ad esso relazionati. La presentazione grafica è il fattore che rende accattivanti le pagine fin dal primo contatto e può determinare la scelta di continuare o meno la visita. Per questo motivo grande attenzione hanno ricevuto la scelta del colore e del background, tipo, grandezza e colore dei caratteri, lo stile dell'impaginazione, l'utilizzo o meno di gif animati e di quant'altro contribuisse a dare una visione piacevole seppur sobria. Detengono pari importanza (oltre, naturalmente, al miglior tenore contenutistico possibile), la consultazione facilitata delle diverse sezioni, un'adeguata illustrazione della natura del sito e delle caratteristiche del gruppo di lavoro che vi si rappresenta.

Data la straordinaria ampiezza (oltre 2428 pagine divise in più sezioni e sotto sezioni con struttura ramificata), si è cercato di rendere estremamente flessibile il percorso di visita, attraverso vari menù laterali, la divisione in finestre dello schermo e la generazione di mini finestre a comparsa; il visitatore ha la

possibilità di scegliere nel dettaglio gli argomenti d'interesse e di creare un percorso personalizzato senza essere costretto ad una visita lineare ed asfittica.

Da un punto di vista tecnico il sito è stato realizzato utilizzando il programma Golive della Adobe ed in combinazione Adobe Photoshop-Adobe Image Ready (per il trattamento delle immagini e per comprimerle, attenti a garantire una navigazione sufficientemente veloce per ogni tipo di connessione). Il problema principale con cui abbiamo dovuto confrontarci è stato il peso delle pagine. La grafica molto elaborata con pictures, morphing, filmati e QTVR di elevata qualità comporta il rischio di aumentare notevolmente il tempo di caricamento e può indurre l'utente ad abbandonare subito la visita; allo stesso tempo, pagine composte esclusivamente da testo stimolano nel visitatore un senso di noia e rendono difficoltosa la comprensione causando anche in questo caso l'interruzione. Pertanto è risultato necessario arrivare ad una via di compromesso, raggiungendo un giusto equilibrio tra testo-immagini e tra peso-qualità grafica.

Al momento le pagine sono consultabili solamente in italiano ma, per aumentare la visibilità a livello internazionale, stiamo lavorando a versioni in francese ed in inglese. Se la prima è già a buon punto poiché opera nel laboratorio un archeologo proveniente dal CRHAM dell'Università di Caen, la seconda risulta in deciso ritardo. Si tratta comunque di un problema non indifferente, causato essenzialmente dall'ampiezza del sito e dal suo aggiornamento quotidiano durante tutto l'anno (dalla fine del 2000 ad oggi le pagine sono quadruplicate). Con ogni probabilità, la decisione che verrà presa verterà su una traduzione dei menù, delle presentazioni di sezione, delle pagine ritenute più importanti.

Fra la fine del 2001 e gli inizi del 2002 inizieremo poi ad inserire nel sito tutta una serie di applicativi che miglioreranno soprattutto il suo tasso contenutistico e potenzieranno la sua natura di strumento per la ricerca aperto al pubblico. Abbiamo infatti programmato per questo periodo l'immissione di piattaforme GIS e DBMS interrogabili liberamente. Alcune prove effettuate nel corso dell'estate e una ricerca sui prodotti disponibili nel mercato ci hanno convinti che tali obiettivi sono già alla nostra portata. Pertanto, entro le scadenze indicate, renderemo di pubblico dominio le piattaforme GIS territoriali della carta archeologica della Provincia di Siena, quella dedicata all'edito della rivista Archeologia Medievale e probabilmente l'atlante dei castelli toscani; inoltre non escludiamo di inserire già da questa fase dei lavori in progress (in particolare l'atlante degli scavi medievali con reperti archeozoologici, la piattaforma dedicata all'edito archeologico toscano, la carta archeologica di Siena città). Per quanto riguarda gli scavi immetteremo invece la piattaforma GIS di Poggio Imperiale a Poggibonsi e di Miranduolo. Gli archivi saranno quelli alfanumerici e multimediali legati ai territori ed agli scavi e, sempre in compilazione

progressiva, il LIAAM Engine (un motore di ricerca interno al sito ed aperto anche alla rete).

E' infine di imminente apertura il sito "Paesaggi Medievali" (oltre 650 pagine), nato dalla cooperazione con la Fondazione Monte dei Paschi di Siena ed interfaccia web di una rete integrata di parchi e aree archeologiche, strutture monumentali, centri storici, strutture museali, paesaggi storici, sistemi informativi territoriali e multimedialità applicata ai beni culturali.

Alla costruzione del sito lavorano stabilmente due persone coadiuvate periodicamente da tutti i membri del Laboratorio. Con la fine del 2001 si prevede, visto il raggio sempre più esteso dei contenuti da illustrare, almeno il raddoppio degli operatori. La prima architettura fu progettata alla fine del 1996 e la trasformazione progressiva rappresenta una costante sia per la veste grafica (ha infatti cambiato pelle più volte) sia per la struttura dei contenuti. Oggi, pur considerando il web un'operazione aperta ed in progress, si è raggiunta una conformazione abbastanza stabile ed i cambiamenti concerneranno soprattutto la quantità e la qualità degli strumenti inseriti. Al momento attuale ha una media intorno ai 60 visitatori giornalieri (dalle statistiche sono esclusi gli accessi da terminali del Dipartimento) e già raggiunto 36.000 presenze in un anno e mezzo circa. Gli indirizzi dei contatti dimostrano una visibilità molto alta; i collegamenti provengono dall'intera Europa, molti da Canada, Stati Uniti ed Australia. Il sito vuole proporsi come il portale dell'Archeologia Medievale ed interessarsi approfonditamente di heritage ed informatica applicata. Si divide in 9 sezioni principali, strutturate per rappresentare sia l'esperienza (iniziata nel lontano 1975) e l'attualità della cattedra senese sia un osservatorio verticale sul mondo della ricerca e sulla politica dei beni culturali. Oltre a pagine di servizio, contempla un vasto range di informazioni, di strumenti didattici e per la ricerca.

**La sezione “Area di Archeologia Medievale” dell’Università di Siena** - Si compone di 905 pagine. La sottosezione “Insegnamento” concerne la didattica, la ricerca e la sperimentazione in corso; vengono presentati i docenti ed i collaboratori, i programmi dei corsi, alcuni strumenti per la didattica (fra i quali una storia della disciplina per testi e link nella rete, testi d’esame e dispense scaricabili), le novità mensili o settimanali, il calendario delle ricerche sul campo. I profili dei vari docenti (con il loro curriculum, la bibliografia aggiornata e la possibilità di contattarli attraverso e-mail) manifesta immediatamente il tipo di ricerca qui svolta, gli interessi, le tematiche e le problematiche affrontate. In pratica, anticipano e fanno comprendere i contenuti del sito. Da segnalare all’interno della pagina dedicata a Riccardo Francovich la presenza del “fondo degli estratti Francovich”, donato alla Biblioteca della Facoltà di Lettere e costituito da circa 3300 pezzi che rappresentano quasi esaustivamente la produzione scientifica in materia di Archeologia Medievale ed un patrimonio bibliografico di grande valore.

La sottosezione “Dottorato di ricerca”, costruita secondo le indicazioni provenienti dal rettorato ed ampliata con l’immissione di strumenti didattici ed utilità varie, presenta i docenti, i dottorandi, i loro progetti e le attività intraprese, seminari, convocazioni. Propone, scaricabili, anche i progetti di dottorato in corso.

Nella sottosezione “LIAAM”, oltre ad una breve storia del Laboratorio, varie pagine sono dedicate ai prodotti hardware e software utilizzati, alla composizione del team, ai progetti realizzati, alla bibliografia e alla presentazione di Open Archeo.(il sistema integrato ed aperto per la gestione del dato archeologico presentato ampiamente in questo articolo), alle nostre esperienze. Qui spiccano, le immagini e gli approfondimenti delle pagine dedicate alle ricostruzioni tridimensionali, alle animazioni di reperti e strutture ed alla gestione GIS dello scavo archeologico e del territorio. Inoltre, ampio spazio è riservato alle analisi spaziali finalizzate a studiare la maglia castrense della regione Toscana ed alla presentazione di prodotti multimediali da noi realizzati essenzialmente a scopo didattico. Recentemente è stata attivata anche una rubrica di recensioni librarie inerente la divulgazione informatica e la computer science applicata alle humanities.

Le due sottosezioni “Scavi e Parchi” e “Cartografia Archeologica” vedono descritti in maniera dettagliata dodici scavi e tutte le attività territoriali (sia informatiche sia sul campo). In particolare per la seconda, oltre alla presentazione delle indagini e delle piattaforme GIS realizzate od in corso, si propone un panorama completo della cartografia di base disponibile, del sistema database costruito, delle elaborazioni tematiche e tridimensionali prodotte. Sono consultabili integralmente i testi e le immagini delle ricerche svolte in Chianti e nella Vldelsa e già pubblicate di recente. Segnaliamo infine una sperimentazione svolta fra l’agosto ed il settembre 2001 ed incentrata sullo scavo del castello di

Miranduolo (Chiusdino – SI); in queste pagine (ad oggi 171) oltre alla presentazione del progetto e della ricognizione territoriale svolta, si è aggiornata quotidianamente l'attività di ricerca svolta e quindi lo sviluppo dello scavo, le ipotesi, le interpretazioni, il matrix, la documentazione realizzata; con la fine dell'anno prevediamo di inserire in consultazione la piattaforma GIS ed il sistema degli archivi. Tutta l'operazione è stata gestita per rendere disponibili in tempo reale i risultati ottenuti, gli interrogativi aperti, l'andamento della ricerca.

Le sottosezioni “Forum GIS dello scavo” e “Forum sulla libertà della ricerca archeologica” sono una recente addizione. La prima nasce a seguito del successo che ha riscosso il workshop organizzato a Siena il 9 giugno 2001 (preatti scaricabili, bibliografie tematiche e risorse utili). La seconda, invece, concerne la discussione del nuovo testo unico in materia di Beni culturali che di fatto limita sostanzialmente la libertà della ricerca. Vuole accogliere tutti i contributi (di giuristi, economisti e di ricercatori) che hanno colto la sostanza della questione ed aprire un dibattito fra gli addetti ai lavori.

**La sezione “Archeologia in rete”** - Si evidenziano sei tematiche principali (suddivise in sottoindirizzi che occupano ben 105 pagine) per un totale di 11.807 link a siti di archeologia ed informatica di tutto il mondo (censiti al giugno 2001). Questa scelta rientra nella filosofia di base illustrata nell'intero articolo: porsi al centro dell'informazione. Rappresenta l'unico sistema possibile per dialogare con l'intera comunità scientifica europea ed extraeuropea, mantenendo viva la conoscenza delle ricerche effettuate in tutti i paesi e favorendo così l'interscambio. Non solo, forniamo anche un servizio agli studenti, dando la possibilità di muoversi autonomamente ed approfondire la propria conoscenza della disciplina e del suo stato attuale. Si divide principalmente in “Archeologia Medievale”, “Metodologia”, “Istituzioni e strutture della ricerca”, “Metodologia”, “Storia dell'Archeologia”, “Strumenti”, “Varie”.

**La sezione “Archeologia e Archeometria”** - La sezione Archeologia ed Archeometria della produzione ceramica e metallurgica dall'antichità al medioevo in Italia”, ad oggi composta da 975 pagine (aggiornamento 2 agosto 2001) ha come oggetto le attività svolte all'interno del Progetto finalizzato Beni Culturali. Si divide essenzialmente in tre aree (Archeometallurgia e Archeologia mineraria, La produzione del vetro, La produzione della ceramica) che illustrano i risultati delle ricerche svolte sulla Toscana centro-meridionale; inoltre (in particolare per vetro e ceramica altomedievale) si sta tentando di creare uno strumento di sintesi da ampliare progressivamente ed incentrato sull'intero territorio nazionale. Le pagine (che dovrebbero raggiungere il traguardo delle 1500 entro la fine del 2001) oltre a bibliografie specifiche e mappe di distribuzione, presentano un ampio numero di contributi scaricabili.

**La sezione “Editoria Archeologica on line”** - Composta da 138 pagine, propone il catalogo dettagliato della casa editrice All'Insegna del Giglio (leader assoluta nel campo dell'Archeologia Medievale), testi scaricabili (privi di immagini) e

indirizzi internet. Si tratta di una delle sezioni più frequentate dell'intero sito; infatti, collegandosi, si possono ottenere i numeri della rivista "Archeologia Medievale" dal 1995 al 2000 ed alcuni testi delle collane "Biblioteca del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena" e "Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti, sez. archeologica - Università di Siena". In accordo con la casa editrice, accresceremo nel tempo il tenore di questo servizio.

**La sezione "Archeoval"** - Nasce a seguito del corso di formazione finanziato dalla [Regione Toscana](#) nell'ambito del Programma Operativo Regionale Obiettivo 3, Fondo Sociale Europeo 2000-2006 e gestito dai dipartimenti di Archeologia delle università di Siena e Pisa. E' focalizzato sulla creazione di percorsi integrati di inserimento lavorativo e creazione di impresa per giovani nel nuovo bacino di impiego costituito dalla valorizzazione del patrimonio archeologico toscano tramite utilizzo di tecnologie informatiche. Le pagine, oltre che di servizio per i corsisti, offrono un'ampia rassegna delle risorse in rete nell'ambito della politica dei beni culturali ed è destinato ad ospitare le iniziative che gli studenti svilupperanno; in particolare due mostre focalizzate sul recupero di materiali ceramici della prima metà del XIV secolo effettuato presso il convento del Carmine a Siena e la Carta Archeologica della Provincia di Pistoia. La prima mostra avrà luogo a Siena, la seconda a Pistoia e saranno accompagnata da prodotti multimediali in CDRom e riproposte anche su queste pagine.

**La sezione "SAMI"** - 75 pagine illustrano la struttura e le attività della Società degli Archeologi Medievisti Italiani. Sono riportati tutti i bollettini d'informazione concernenti l'attività della Società dal 1995 ad oggi, il calendario delle ricerche svolte sul campo e le modalità di partecipazione. Viene inoltre presentato il convegno svoltosi nel mese di settembre 1997 a Poggibonsi dal titolo "La nascita dei castelli nell'Italia medievale. Il caso di Poggibonsi e le altre esperienze dell'Italia centro-settentrionale" con la possibilità di scaricare le relazioni contenute nel volume dei pre-atti. Lo scopo dell'apertura di questa sezione risiede nel volere dare ampia visibilità all'associazione, nello stimolare e favorire il contatto fra i soci (i cui indirizzi personali e di posta elettronica, risolte cautele legate alla legge sulla privacy, verranno inseriti on line), nel volere pubblicizzare le attività di ricerca dei soci e le pubblicazioni editate. In prospettiva, le pagine SAMI dovranno essere maggiormente "vissute" da tutti i membri dell'associazione; dovranno cioè rappresentare una sede di scambio continuo e proficuo, di dibattito ed a tale scopo stiamo progettando di aprire a breve una chat line espressamente dedicata alla discussione di temi inerenti la nostra disciplina, l'inserimento di bibliografie sui temi della ricerca, di contributi scaricabili (gli articoli più rappresentativi o inediti scritti dai soci).

## **Bibliografia**

BIANCHI G., NARDINI A., 2000, *Archeologia dell'architettura di un centro storico. Proposta per un'elaborazione informatica dei dati su piattaforma GIS bidimensionale*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Società degli archeologi Medievisti Italiani - Musei Civici di Santa Giulia. Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000, Firenze, pp. 381-388

BOSCATO P., FRONZA V., SALVADORI F., 2000, *Un'archivio informatizzato per la gestione dei reperti archeozoologici*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Società degli archeologi Medievisti Italiani - Musei Civici di Santa Giulia. Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000, Firenze, pp. 46-52

D'ANDREA A., NICCOLUCCI F., 2000, *L'archeologia computazionale in Italia: orientamenti, metodi e prospettive*, "Archeologia e Calcolatori", 11, pp. 13-31

FORUM LIBERTA, *Forum per la libertà della ricerca archeologica*, <http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/LIB/LIBERTA.html>

FRANCOVICH R., 1990, *Dalla teoria alla ricerca sul campo: il contributo dell'informatica all'archeologia medievale*, "Archeologia e Calcolatori", 1 pp. 15-27

FRANCOVICH R., 1999, *Archeologia medievale e informatica: dieci anni dopo*, "Archeologia e Calcolatori", 10, pp. 45-63

FRANCOVICH R., NARDINI A., VALENTI M., 2000, *La piattaforma GIS dello scavo nella gestione di un'area cimiteriale*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Società degli archeologi Medievisti Italiani - Musei Civici di Santa Giulia. Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000, Firenze, pp. 28-36

FRANCOVICH R., VALENTI M., 2000, *La piattaforma GIS dello scavo ed il suo utilizzo: l'esperienza di Poggibonsi*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Società degli archeologi Medievisti Italiani - Musei Civici di Santa Giulia. Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000, Firenze, pp. 14-20

FRONZA V., 2000, *Il sistema di gestione degli archivi dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena). Una soluzione all'interno della "soluzione GIS"*, "Archeologia e Calcolatori", 11, pp. 125-137

FRONZA V., VALENTI M., 2000, *L'utilizzo delle griglie di riferimento per lo scavo di contesti stratigrafici altomedievali: elaborazione di una soluzione informatica*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Società degli archeologi Medievisti Italiani - Musei Civici di Santa Giulia. Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000, Firenze, pp. 21-27

GOTTARELLI A. (a cura di), 1995, *Sistemi informativi e reti geografiche in archeologia: GIS-Internet*, VII Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia (Certosa di Pontignano (SI), Firenze

LIAAM, *Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale*, <http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/LABORATORIO.html>

MOSCATI P., 1998, *GIS applications in italian archaeology*, "Archeologia e Calcolatori", 9, pp. 191-236

NARDINI A., 2000, *La piattaforma GIS dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena). Dalla creazione del modello dei dati alla loro lettura*, "Archeologia e Calcolatori", 11, pp. 111-123

NARDINI A., SALVADORI F., 2000, *La piattaforma GIS dello scavo e i modelli distributivi di manufatti e reperti osteologici animali*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Società degli archeologi Medievisti Italiani - Musei Civici di Santa Giulia. Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000, Firenze, pp. 37-45

POWLESLAND D., 1998, *West Heselton Assessment*, "Internet Archaeology", 5, Autumn/Winter 1998

- POWLESLAND D., CLEMENCE H., LYALL J., 1998, *West Heslerton: WEB-CD. The application of HTML and WEB Tools for creating a distibuted excavation archive in the form of a WEB-CD*, "Internet Archaeology", 5, Autumn/Winter 1998
- SCIUTO D. et alii, 1977, *Introduzione ai sistemi informatici*, Collana: serie di Informatica, McGraw-Hill, 1997
- VALENTI M. (a cura di) 1999, *Carta Archeologica della Provincia di Siena. Vol. III, La Val d'Elsa (Colle di Val d'Elsa e Poggibonsi)*, Siena, Nuova Immagine Editrice
- VALENTI M. et alii, 2001, *A GIS solution for excavations: experience of the Siena University LIAAM*, in STANCIC Z., VELJANOVSKI T. (a cura di), *Computing Archaeology for understanding the past. CAA 2000. Computer applications and quantitative methods in Archaeology. Proceedings of the 28th Conference, Ljubljana, April 2000*, Oxford, pp. 173-177
- VALENTI M., 1998, *Computer Science and the management of an archaeological excavation: the Poggio Imperiale Project*, "Archeological Computing Newsletter", 50 (Spring 1998), pp. 13-20
- VALENTI M., 1998, *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 (1998), pp. 305-329
- VALENTI M., 2000, *La piattaforma GIS dello scavo nella sperimentazione dell'Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e "soluzione GIS"*, "Archeologia e Calcolatori", 11, pp. 93-104
- WORKSHOP SIENA, *Soluzioni GIS nell'informatizzazione dello scavo archeologico (9.06.2001)* (preatti scaricabili in formato rtf)  
<http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/WORKSHOP.html>