

Progetto MAPPA

Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico

Anichini F., Bini D., Bini M., Dubbini N., Fabiani F., Gattiglia G., Giacomelli S., Gualandi M.L., Pappalardo M., Paribeni E., Sarti G., Steffè S.

Questa prima pubblicazione on-line rappresenta l'estratto del formulario di progetto presentato alla Regione Toscana per il bando PAR-FAS Regione Toscana Linea di Azione 1.1.a.3., parzialmente rivisto ed adattato per una lettura meno tecnica. Riteniamo importante la sua pubblicazione, perché in esso sono esplicitati gli obiettivi che il progetto si pone, gli strumenti che intende applicare per raggiungere questi obiettivi, i prodotti che intende realizzare e le modalità di disseminazione dei risultati.

Key words: open data, potenziale archeologico, archeologia predittiva, gis, geologia, matematica

1. Qualità scientifica e tecnica

1.1 Filosofia della proposta e obiettivi

Come molte città italiane, Pisa è un insediamento con una lunga continuità di vita. Nel suo sottosuolo si nascondono avanzi di muri, di pavimenti, di tombe e di strade, frammenti di tegole, di vasi, di lucerne e di sculture: in una parola le tracce di vita, più o meno consistenti, della comunità che ha abitato la città nei quasi tremila anni della sua storia. Se ai reperti archeologici aggiungiamo i resti di pollini, carboni e ossa umane e animali, lo studio della geologia e della geomorfologia del terreno e delle risorse del territorio, possiamo ricostruire anche il paesaggio, o meglio i paesaggi che si sono succeduti nel tempo, condizionando lo sviluppo economico e culturale della città e venendone a loro volta condizionati.

Il terreno su cui camminiamo, costruiamo, viviamo oggi è dunque uno straordinario palinsesto in cui si susseguono, si mescolano, si coprono a vicenda innumerevoli tracce lasciateci dai nostri predecessori. Ma per il fatto stesso che si trova sotto i nostri piedi questo palinsesto deve fare i conti e poter convivere con le irrinunciabili esigenze di vita e sviluppo della

città: non si può pensare alla salvaguardia del patrimonio archeologico in termini di contrapposizione allo sviluppo, ma al contrario occorre proporre modelli di gestione in un quadro di sostenibilità e studiare soluzioni che non si limitino alla tutela, ma rivalutino le possibilità dei beni archeologici in termini non solo di arricchimento culturale e di potenziamento dell'offerta turistica – come in molti casi già accade – ma anche in termini di recupero di esperienze tecnologiche e di riscoperta di tradizioni e vocazioni produttive che possono risultare di grande utilità per la comunità di oggi.

Una risposta al problema di trovare strumenti adeguati per far convivere le esigenze della ricerca sui resti del nostro passato con le esigenze di vita del nostro presente e del nostro futuro è senz'altro la "Carta di potenziale archeologico", che rappresenta l'evoluzione – non solo tecnica, ma soprattutto concettuale – delle comuni carte archeologiche. Nella Carta Archeologica (e nel database ad essa collegato) sono registrate infatti tutte le informazioni desunte dagli scavi (casuali o programmati), dalle fonti letterarie antiche, dai documenti d'archivio, dalle foto aeree e satellitari. Le carte archeologiche sono dunque

fondamentali per riassumere in quadro sinottico le conoscenze già acquisite su un'area, urbana o rurale, ma non sono di alcun aiuto per lo studio di quelle porzioni di territorio – nelle città come in campagna e soprattutto nelle aree periurbane dov'è maggiore la necessità di intervenire con la costruzione di nuovi quartieri e infrastrutture – per le quali non si ha alcuna informazione.

La “Carta di potenziale archeologico” rappresenta il superamento di questo limite. Si tratta di una mappa che, partendo proprio dalla Carta Archeologica, unisce le informazioni di carattere storico-archeologico a dati desumibili da indagini e prospezioni geologiche e geofisiche, da ricostruzioni geomorfologiche, da cartografie e catasti storici, dati toponomastici, analisi delle componenti di edilizia urbana. Una serie di elaborazioni successive, effettuate secondo modelli interpretativi codificati, consentono di formulare ipotesi sulla maggiore o minore probabilità che vi siano resti archeologici in zone per le quali ad oggi non disponiamo di alcuna informazione.

Si tratta, in altre parole, di una **carta predittiva**, in cui la valutazione della possibilità che determinate aree nascondano resti archeologici di cui non si ha alcuna notizia viene fatta proiettando su di esse le conoscenze relative alle aree limitrofe, con un grado di approssimazione che varia a seconda della quantità e della qualità dei dati a disposizione. Possiamo dunque affermare che la carta di potenziale archeologico è uno strumento di conoscenza del territorio «di nuovissima generazione», i cui vantaggi si colgono in numerosi ambiti di applicazione.

Ricerca. La Carta di potenziale archeologico è un formidabile strumento di ricerca storico-archeologica, poiché consente di avere un quadro abbastanza ben definito dell'organizzazione degli spazi nelle varie epoche storiche e di programmare di conseguenza interventi di ricerca sul campo (prospezioni geofisiche, carotaggi, scavi in profondità) in punti nodali per fornire risposte alle domande della ricerca con un consistente risparmio di tempo e risorse.

Tutela e pianificazione. Con l'entrata in vigore della Legge sull'archeologia preventiva Dlgs.195/2006, la valutazione del potenziale archeologico è finalmente divenuto un elemento imprescindibile per orientare le scelte operative in tutti i casi nei quali si preveda di intervenire su un'area con attività di costruzione o di trasformazione ambientale: conoscendo il potenziale archeologico – e dunque il grado di possibilità che le varie zone nascondano nel sottosuolo resti archeologici – gli enti preposti alla tutela del territorio (Soprintendenze) e alla pianificazione del suo sviluppo (Comuni, Province, Regioni) sono messi in grado di erogare i pareri che competono loro con maggiore cognizione di causa e soprattutto di informare fin dall'inizio gli interessati di qual è il grado di probabilità che, scavando in un determinato terreno, si imbattano in resti archeologici sepolti. Quando una porzione di territorio ha un potenziale archeologico elevato, chi ha il compito di decidere se autorizzare o meno l'intervento può, ad esempio, prescrivere preventivamente alcune indagini diagnostiche e ad-

dirittura un vero e proprio scavo archeologico; da parte sua, chi progetta di costruire su un'area con un elevato potenziale archeologico sarà preventivamente informato della necessità di effettuare indagini archeologiche e, se necessario, anche modifiche del progetto originario; il tutto “prima” dell'apertura del cantiere, senza onerosi fermo-lavoro o addirittura blocchi definitivi di progetti già avviati.

Purtroppo ancora oggi la scoperta archeologica è vissuta come un oneroso ostacolo allo sviluppo del tessuto urbano e dell'imprenditoria ad esso connessa. In tutto il territorio nazionale e particolarmente nei centri storici, amministratori e imprenditori si scontrano quotidianamente con le difficoltà di conciliare espansione e ristrutturazione, con i tempi e i costi connessi all'indagine archeologica. Questo disagio, che spesso comporta azioni di asportazione illegale dei depositi archeologici con conseguente perdita di parte della memoria storica di un luogo, può essere superato con l'adozione di uno strumento che preventivamente consenta di valutare l'impatto di un'opera e la sua reale fattibilità.

Il progetto che qui si presenta ha dunque molteplici scopi e, se finanziato, avrà molteplici ricadute positive sull'attività di Enti diversi, oltre naturalmente all'Università. Una prima dimostrazione di ciò si è avuta in occasione del concorso di idee bandito dal Comune di Pisa per la riqualificazione dell'area dell'Ospedale Santa Chiara, quando il Dipartimento di Scienze archeologiche – in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni archeologici della Toscana – ha effettuato la valutazione del potenziale archeologico dell'area compresa entro il perimetro dell'attuale nosocomio. I risultati, con la conseguente indicazione planimetrica delle aree a maggiore o minore potenziale archeologico, sono stati forniti dal Comune ai partecipanti al concorso, che hanno così potuto disporre di un ulteriore strumento di riflessione per orientare le loro scelte strategiche e funzionali, nella progettazione di costruzioni e servizi con diversa destinazione d'uso.

Ma vi è un altro elemento da non sottovalutare ed è che la creazione della carta di potenziale archeologico non è soltanto di per sé uno strumento fondamentale per conoscere e tutelare il patrimonio archeologico, valorizzandone al meglio le risorse: è anche il primo passo verso una diversa consapevolezza collettiva dell'importanza della conoscenza di tale patrimonio, che costituisce l'ineliminabile premessa per qualunque forma di tutela. In altre parole, la Carta di potenziale archeologico ha il potere di innescare un circolo virtuoso, che fa sentire i suoi effetti su qualunque attività venga svolta sul territorio: un esempio concreto è la possibilità di utilizzare a fini di conoscenza archeologica qualsiasi indagine effettuata nell'ambito di lavori pubblici e privati – e non sono poche in un Comune –, quali scavi, carotaggi e ricerche geomorfologiche di superficie, da cui gli archeologi sono in grado di trarre informazioni importanti per le loro ricostruzioni.

Proprio a questo scopo, il progetto prevede anche la realizzazione di “protocolli procedurali”, che formalizzino le procedure, consentendo agli archeologi

l'accesso e l'elaborazione di informazioni desunte da attività diverse ma funzionali al continuo aggiornamento del quadro storico che costituisce la base della Carta di potenziale archeologico.

Il progetto che qui si presenta non si limita però alla realizzazione della Carta di potenziale archeologico dell'area urbana di Pisa, ma intende spingersi oltre, in due diverse direzioni.

1. Innovazione tecnologica. I pochi esempi di Carte di potenziale archeologico finora realizzate si sono basate su elaborazioni statistiche dei dati noti, dalle quali sono stati dedotti, in maniera empirica e non sistematica, i dati predittivi sul potenziale. Le teorie matematiche più avanzate, ormai mature per dare contributi significativi in aree comunemente ritenute estranee al loro ambito di applicazione, sono state finora completamente e ingiustificatamente inutilizzate in molti settori di ricerca (e nell'ambito degli studi storico-archeologici in particolare) anche per la tradizionale difficoltà di comunicazione fra esperti in ambiti disciplinari differenti e, di conseguenza, la scarsità di lavori di ricerca interdisciplinari. In molti casi (meteorologia, medicina ecc.) la predizione è infatti un compito affidato esclusivamente ai matematici, che lavorano senza una reale integrazione con gli esperti del settore.

Uno dei punti di forza del progetto è invece proprio l'integrazione delle diverse competenze che, fin dal WP 2, lavoreranno fianco a fianco per dare una definizione organica e sistematica dei principi teorici sui quali deve basarsi la predizione del potenziale archeologico, allo scopo di codificare le procedure ed eliminare, o quanto meno ridurre al minimo, gli aspetti di soggettività.

2. Creazione di un modello operativo. Per le sue caratteristiche storiche, topografiche e dimensionali e per il taglio metodologico del progetto, quello di Pisa si presta egregiamente come case study in cui sperimentare metodologie operative e strumentazioni, allo scopo di creare un modello operativo, caratterizzato da procedure operative ben definite, applicabile in altri centri aventi le stesse caratteristiche, sia in Toscana che in altre regioni d'Italia.

In sintonia con gli obiettivi della Programmazione regionale, riteniamo inoltre indispensabile promuovere la comunicazione e diffusione dei risultati della ricerca, in un'ottica di sviluppo di una società della conoscenza veramente libera e democratica. Con questo scopo, la filosofia intrinseca al progetto è quella di rendere accessibili i dati pubblici delle indagini archeologiche nell'area campione della città di Pisa, attualmente difficilmente reperibili. Un sistema di open data on-line, garante della condivisione di un patrimonio storico comune. Proprio a questo scopo, il progetto prevede che l'attività di pubblicizzazione (disseminazione) dei risultati (WP 13) abbia inizio fin dal secondo mese di lavoro, attraverso la creazione di un apposito sito web, nel quale confluiranno report e prodotti della ricerca mano a mano che ver-

ranno elaborati, e si estenda per tutta la durata del progetto.

Non secondariamente puntiamo la nostra attenzione su quella che crediamo essere una grave carenza di riflessione scientifico-metodologica sulle tematiche appena descritte. A livello nazionale, a differenza di illustri esempi nel panorama internazionale, la ricerca sviluppata intorno a queste problematiche e ai suoi nodi fondamentali, è fortemente arretrata. Nonostante si assista, già da anni, a numerosi progetti finalizzati all'introduzione delle tecnologie più avanzate, in particolar modo nell'ambito della musealizzazione e della fruizione virtuale dei beni culturali, non è stato ancora sviluppato un approccio multidisciplinare comune e sistematico nei confronti della "gestione" – in termini di pianificazione e salvaguardia – del patrimonio archeologico sepolto. Con questo progetto, vogliamo così promuovere un approccio innovativo, fatto dall'unione di archeologi, geologi, geomorfologi e matematici. Siamo infatti convinti che sia possibile tentare la strada di sviluppare un modello scientifico-matematico, applicabile nei centri urbani italiani. Un network di sistemi e procedure che doti la regione Toscana di uno strumento unico, altamente competitivo e la ponga all'avanguardia in questo settore.

Volendo sintetizzare la filosofia generale del progetto, possiamo dunque affermare che esso mira alla realizzazione di un prodotto che nasce in ambito universitario e dunque si pone come obiettivi principali da un lato il progresso delle conoscenze storico-archeologiche sulla storia di Pisa, dall'altro l'innovazione delle tecniche di elaborazione e messa a punto di questo genere di strumenti di conoscenza. Ma il progetto intende anche "uscire" dal chiuso dei laboratori universitari e interagire in modo continuo con gli Enti di tutela (Direzione regionale per i Beni culturali e paesaggistici e Soprintendenza per i Beni archeologici) e con l'Ente di Pianificazione e valorizzazione (Comune): lo scopo è usufruire di competenze in ambiti non strettamente di ricerca universitaria, ma particolarmente attenti alle esigenze della società civile, e nello stesso tempo fare in modo che i prodotti della ricerca siano portati immediatamente a conoscenza di chiunque sia interessato e trovino un'immediata applicazione nella realtà quotidiana. In questo modo il finanziamento concesso viene "utilizzato" al meglio, con uno spettro di ricadute positive il più ampio possibile.

1.1.1 Obiettivi generali

Il progetto si propone di raggiungere i seguenti obiettivi generali:

1) Allargare gli orizzonti di sviluppo e ricerca della disciplina archeologica alla collaborazione con specialisti di diversi ambiti di ricerca (scienze della terra e matematica), puntando in particolar modo a raggiungere, attraverso lo sviluppo di un linguaggio comune e l'osservazione da diversi punti di vista, un'evoluzione metodologica sulle tematiche oggetto del progetto e a incrementare il progresso e la competitività dei singoli settori disciplinari. Con quest'ottica puntiamo

a sviluppare e sperimentare modelli matematici predittivi applicati all'archeologia, che avranno una ricaduta sociale in termini di salvaguardia del patrimonio archeologico e pianificazione territoriale, nonché di conoscenza storica.

2) Creare un modello ripetibile che possa essere applicato a tutti i centri urbani pluristratificati al fine di agevolare le scelte urbanistiche, in merito alle problematiche di gestione e tutela del patrimonio archeologico, mitigando l'impatto sul patrimonio in un'ottica di sostenibilità dei processi di pianificazione territoriale. Crediamo fortemente, infatti, che la ricerca universitaria pubblica debba essere al servizio della società civile, fornendo i propri risultati sotto forma di strumenti utilizzabili, con una ricaduta sia verso gli enti di governo del territorio – e quindi sui cittadini - sia verso gli enti di tutela ministeriale – quindi sul patrimonio culturale.

3) Rendere accessibili tutti i dati primari provenienti da indagini archeologiche. Spesso la loro pubblicazione viene disattesa o viene effettuata in forma incompleta, raramente in tempi veloci. Appare evidente quanto danno questa radicata abitudine apporti allo sviluppo della ricerca che si alimenta di confronto e di nuovi dati. Ciò che si propone dunque è che questi, con il riconoscimento della paternità di chi li ha acquisiti, siano resi disponibili in forma pubblica e facilmente consultabile (open data), in linea con le finalità proprie della Linea d'azione 1.1.a.3.

4) Formare e qualificare professionalmente, in termini multidisciplinari, nuovi addetti alla R&S per sviluppare un modello di sistema competitivo. Attraverso attività mirate a trasmettere il progresso sperimentale delle scienze e delle tecnologie acquisite nei vari step del progetto e nei diversi ambiti disciplinari, e mettendo costantemente a disposizione il know how maturato progressivamente dal team di ricerca, puntiamo a creare nuove figure di specialisti forti nelle proprie competenze specifiche, ma contemporaneamente formati a parlare un linguaggio comune interdisciplinare, grazie all'approccio metodologico cardine del progetto. Crediamo fortemente che questo fattore costituisca un elemento qualificante per le professionalità in campo e per lo sviluppo di una società della conoscenza che integri materie tra loro lontane, per approccio scientifico e metodologie adottate, sviluppando un modello di sistema altamente competitivo.

Obiettivi scientifici:

Il progetto si propone di raggiungere i seguenti obiettivi scientifici:

1) Creare uno strumento di mappatura e monitoraggio per la **conoscenza** e la **salvaguardia** del patrimonio archeologico della città di Pisa, sviluppato secondo un modello metodologico ripetibile per i centri urbani pluristratificati. Uno strumento pensato con la duplice finalità di:

- **condividere le conoscenze** acquisite perché siano messe a servizio degli enti di governo e tutela del territorio;

- sviluppare e affinare la **ricerca scientifica** storico-archeologica sulle dinamiche insediative urbane.

2) Sviluppare la ricerca scientifica in forma multidisciplinare, integrando conoscenze specialistiche diverse verso un comune obiettivo allo scopo di raggiungere risultati di qualità, con un grado di affidabilità superiore a quello che si otterrebbe da studi condotti in autonomia da ciascuno dei diversi esperti.

3) Definire un modello matematico **predittivo e ripetibile** del potenziale archeologico. Crediamo che la promozione del progresso scientifico, in forma sperimentale, ponga all'avanguardia il sistema toscano nell'ambito delle tecnologie applicate ai beni culturali e nello sviluppo di un sistema integrato volto ad un uso pubblico consapevole della conoscenza.

Obiettivi tecnologici:

1) Creare carte archeologiche differenziate per i diversi periodi storici (nel caso di Pisa dalla preistoria al post-medioevo) e carte geomorfologiche e paleogeografiche dell'area urbana, che costituiscono la base di conoscenze necessaria alla realizzazione di una **Carta del Potenziale Archeologico**: conoscere il contesto ambientale del sito nella sua evoluzione e conoscere la storia dell'insediamento umano all'interno delle componenti paesaggistiche nelle loro diverse fasi storiche, consente infatti di formulare ipotesi circostanziate sul potenziale archeologico nei diversi settori della città. Qualunque intervento sia pubblico, sia privato, potrà in tal modo disporre di un quadro di conoscenze, su base predittiva, che consentano di preventivare in anticipo l'impatto dell'opera sul patrimonio archeologico, già in sede progettuale.

2) Creare uno strumento di pianificazione urbanistica che possa essere acquisito, come parte integrante, all'interno del piano strutturale del Comune di Pisa e, più in generale, dei Comuni con centri storici pluristratificati e contestualmente fornire un protocollo standardizzato di Linee guida operative, redatte con criteri misurabili e ripetibili. Dotare in questo modo gli enti di governo e tutela del territorio di un "pacchetto" integrato che consenta di agevolare la pianificazione urbanistica, già nelle fasi progettuali, ottimizzando le risorse finanziarie ed i tempi di realizzazione. L'adozione del sistema potrà altresì fornire un valido strumento di supporto all'iniziativa privata, facilitando le procedure di valutazione di impatto archeologico e salvaguardando contestualmente il patrimonio culturale.

3) Creare un modello di archiviazione dei dati archeologici standardizzato, digitale e di massima fruibilità (*open-data on-line*) che, una volta testato sul campione pisano, possa essere applicato a tutti i contesti urbani toscani e italiani. La realizzazione di un sistema di questo tipo, ad oggi unico nel suo genere nel panorama nazionale, consente di promuovere la comunicazione e diffusione dei risultati della ricerca, nonché un diretto trasferimento dell'innovazione tecnologica attraverso la rete.

4) In considerazione della particolare situazione am-

bientale di Pisa, caratterizzata dalla presenza di numerosi corsi d'acqua e di aree umide che, nel corso dei secoli, si sono modificati più volte, cambiando in maniera consistente l'aspetto del territorio, si ritiene indispensabile un'attenta ricostruzione geomorfologica, specie per quanto riguarda la migrazione diacronica dei corsi d'acqua naturali nel territorio urbano e l'individuazione dei canali artificiali ad essi collegati, funzionale all'interpretazione delle dinamiche insediative urbane nei diversi periodi storici.

Dal punto di vista tecnologico:

- l'utilizzo di tecniche avanzate ed innovative di tele-rilevamento ha lo scopo di riuscire ad estendere l'informazione puntuale derivata dal dato di sottosuolo ed in definitiva di rendere più attendibile e precisa la ricostruzione paleogeografia nelle diverse fasi insediative.

- l'utilizzo del GPS differenziale mira a rendere la georeferenziazione del dato archeologico e di quello geologico e geomorfologico, e la loro integrazione in una banca dati, uno strumento massimamente efficace ai fini dell'interpretazione dei loro rapporti reciproci.

1.1.2 Stato dell'arte

Appare sede superfluo in questa sottolineare l'importanza giustamente assunta dalle cartografie archeologiche negli ultimi anni. Di recente si sono sviluppati infatti diversi filoni operativi intorno al tema cartografico; si sono stilate, solo per citarne alcune, **carte archeologiche**, volte alla catastazione dei ritrovamenti archeologici in una determinata area; **carte periodiche**, che visualizzano i dati riferiti ad un determinato periodo storico e permettono di tracciare percorsi di ricerca all'interno dello sviluppo di quella fascia cronologica; **carte o sezioni che evidenziano lo spessore dei depositi** per garantire un migliore approccio previsionale in termini di tempi e costi; carte di funzionalità che sincronicamente o diacronicamente permettono una riflessione sulla tipologia dell'insediamento; **carte dei traffici** commerciali, della circolazione dei materiali e dei prodotti, della viabilità e delle rotte, delle dinamiche legate all'ubicazione delle aree sepolcrali e, infine, **carte di rischio o potenziale**, in cui si delimitano aree con diverso grado di interesse archeologico coinvolte in un'azione di tutela. Ognuna di queste tipologie può essere applicata e sviluppata nell'ambito di un contesto urbano, ma non può restare isolata e fine a se stessa, perché la città, viva, attiva e in continuo movimento e trasformazione, ha bisogno di una particolare attenzione, non può prescindere dall'aspetto fondamentale del coordinamento fra tutela, pianificazione territoriale e ricerca.

Tra le tante che abbiamo citato, soffermiamoci dunque ad analizzare l'ultima tipologia, ovvero la carta di "rischio/potenziale". Il termine "rischio" fa riferimento al pericolo che i resti archeologici possono rappresentare per l'attuazione di progetti pubblici o privati o, al contrario, i rischi che l'attuazione di tali progetti

può recare alle testimonianze materiali dell'antichità; il termine "potenziale", da preferirsi al primo, imposta invece il dibattito in forma più positiva, facendo riferimento alla potenzialità come ricchezza e risorsa di un sito. La carta di "potenziale" non è una Carta Archeologica di catastazione, né una cartografia storica; è insieme sintesi composita di queste due unità perché oltre che unirne le informazioni e utilizzarne i diversi approcci, sintetizza i risultati in ulteriori nuovi dati. La carta di "potenziale" è innanzitutto legata a chi opera nel campo della tutela; garantisce infatti, visualizzandolo topograficamente, un quadro spaziale del potenziale archeologico e delle aree che ne sono interessate con diverso grado di intensità. Questa prima applicazione, e quindi l'idea che dalla carta si possano estrapolare diversi gradi di prescrizione e indicazioni di intervento archeologico, rimane abbastanza sterile se non correlata da un adeguato quadro legislativo. L'integrazione delle carte all'interno dei P.R.G. e dei Piani Strutturali dei Comuni può divenire un elemento pianificatorio di tutta quella fase progettuale sia urbanistica, nelle linee di sviluppo generale, che edilizia, negli interventi puntuali, utilmente sfruttata da chi opera in questo settore, nonché l'occasione di rendere trasparente l'azione amministrativa, prima fra tutte quella inerente il rilascio di concessioni di licenze edilizie.

Questa applicazione comporta un grande vantaggio economico per amministrazioni come per singoli imprenditori: avere la possibilità di progettare, quindi di lavorare a monte in concerto con le Soprintendenze, prevenendo che tipo di impegno finanziario e temporale si andrà a mettere in campo, può garantire un risultato migliore per tutte le parti coinvolte, gestione territoriale, sviluppo imprenditoriale, tutela e ricerca archeologica.

In ultimo, ma non come importanza, la carta di potenziale, impostata con criterio diacronico e privo di gerarchizzazioni, semplifica la pianificazione dell'intervento di ricerca archeologica, favorendo la possibilità di definire domande precise e strategie perfezionate con diagnostica invasiva e non. Questa riflessione porta conseguentemente ad esaltare l'utilizzo multidisciplinare e polivalente dell'elaborato cartografico; lo strumento deve essere altresì pubblico, riuscire a raggiungere tutte le categorie che operino, con diverso fine, sul territorio, non esclusa la stessa cittadinanza.

Quello che abbiamo descritto come un elenco tipologico di carte realizzabili e applicabili ad un contesto urbano come Pisa, può essere attuato, secondo una consuetudine ormai generalizzata nella pratica archeologica, con la creazione di archivi digitali in cui inserire i dati archeografici, siano essi di tipo testuale (report, schede, diari di scavo), grafico (immagini, piante, sezioni) o digitale (database, CAD, GIS, ecc.)

Negli ultimi anni anche l'archeologia si sta incamminando verso la sua versione 2.0 ed iniziano a manifestarsi i primi fenomeni di *open access* e di *open data*. Se da un lato l'*open access* si accontenta di proporre l'accesso gratuito all'informazione scientifica almeno nella sua versione elettronica (GRUPPO LASER 2005: 77-

78), la filosofia *open data* aspira ad una libera fruibilità dei dati grezzi, soprattutto non testuali, e al loro riutilizzo, seppur controllato da apposite licenze. L'*open access*, con l'utilizzo del web come mezzo di pubblicazione anche di intere edizioni di scavo, costituisce certamente una conquista importante che garantisce l'ampiezza della "distribuzione" e l'abbattimento dei costi di stampa, ma non è di per sé sufficiente: solo la libera fruibilità dei dati grezzi, secondo il paradigma dell'*open data*, consente infatti di fare un ulteriore passo in avanti verso un'archeologia veramente 2.0. Il futuro della ricerca archeologica è, infatti, interconnesso alla conservazione dei dati ed al loro libero riutilizzo per ulteriori indagini ed analisi. Analizziamone i motivi.

1. Eseguire uno scavo o un *survey* archeologico vuol dire essenzialmente documentare in maniera analitica ogni evidenza individuata, tradurre in documenti scritti, grafici e fotografici quanto emerge nelle operazioni di scavo o di ricognizione. Questo processo archeografico (MOBERG 1981, GUIDI 1994) permette sia a coloro che non hanno direttamente eseguito l'indagine, di realizzare il processo interpretativo, sia di riutilizzare la documentazione raccolta nel corso delle indagini sul campo per formulare ulteriori ipotesi e ricostruzioni storiche da parte di altri studiosi (D'ANDREA 2006: 130). Se, infatti, non si possono fare buoni ragionamenti critici senza una buona descrizione oggettiva dei dati di partenza, non si può fare archeologia senza archeografia (MANNONI 2000: 217).

2. Lo scavo archeologico, ed in parte anche il *survey*, sono pratiche non ripetibili. L'unico elemento di riproducibilità e di rianalisi è costituito dalla continua possibilità di utilizzare i dati grezzi, archeografici. La loro condivisione non solo permette, da parte della comunità scientifica, la comprensione e l'eventuale rilettura del processo interpretativo, ma anche il riutilizzo dei dati su scala differente e in relazione a nuove indagini. I dati grezzi sono il vero ed unico codice sorgente dell'archeologia.

3. La stragrande maggioranza¹ degli interventi archeologici in Italia non è legata in senso stretto alla ricerca, bensì alle varie coniugazioni delle pratiche di emergenza (interventi di emergenza veri e propri, preventivi e/o programmati) soprattutto per quanto riguarda i contesti urbani, che come ben sappiamo sono la palestra dell'archeologia professionale.

4. La stragrande maggioranza degli interventi archeologici rimangono inediti (BROGIOLO 2000: 354)² e que-

1 Sebbene non esistano dati complessivi su tutto il territorio nazionale, cosa di cui peraltro ci sarebbe bisogno, i dati su Pisa, dove sono stati censiti (ANICHINI, PARIBENI 2005) tutti i singoli interventi a carattere archeologico conosciuti (554 differenti interventi archeologici di varia natura a partire dal 1520) mostrano come negli ultimi 20 anni l'83% degli interventi sia di scavo, sia di ricognizione siano stati eseguiti da archeologi professionali e comunque non collegati ai Dipartimenti universitari.

2 Anche in questo caso non esistono statistiche ufficiali, ma i dati raccolti per Pisa mostrano come solo il 20% degli interventi degli ultimi 20 anni sia edito e come solo poco più dell'1% sia stato pubblicato come edizione completa di

sto risulta ancor più vero per tutti gli interventi che possiamo definire d'emergenza.

5. È ormai pratica consueta da parte degli archeologi creare degli archivi digitali, spesso non sicuri, ai fini della preservazione dei dati, così come acquisire parte delle informazioni direttamente in formato digitale;

6. La creazione di archivi digitali *on-line* consente di preservare i dati;

7. Avere a disposizione archivi *on-line* contenenti dati grezzi facilita la ricerca, le politiche di pianificazione territoriale³ e l'allargamento della comunità scientifica, superando le barriere locali e regionali.

Come si è detto è ormai consuetudine della pratica archeologica creare degli archivi digitali; agli standard⁴ atti a normare l'attività di registrazione delle indagini sul campo, è necessario affiancare dunque una serie di standard, di *good practice* relativi alle procedure informatiche da adottare per salvaguardare la progettazione, implementazione e conservazione degli archivi digitali. Gli standard assumono quindi un ruolo centrale nell'agenda dell'archeologia computazionale e dell'archeologia in generale, ed assieme all'accessibilità degli archivi sono le parole chiave su cui deve fondarsi il futuro dell'archeologia (D'ANDREA 2006:78). In primo piano nell'affrontare queste problematiche si pongono le esperienze dell'*English Heritage Centre for Archaeology* (CfA) e dell'*Archaeology Data Service* (ADS) descritte rispettivamente nel *Digital Archiving Strategy 2.0*⁵ e nel *Digital Archives from Excavation and Fieldwork. Guide to Good Practice, Second Edition*⁶. In estrema sintesi i due manuali si propongono di fornire uno strumento utile per chiunque, a livello pubblico e privato, abbia la necessità di creare archivi digitali, e affrontano i temi legati all'obsolescenza delle risorse prescelte, alle modalità di manutenzione e salvaguardia a lungo termine degli archivi e, infine, alla loro accessibilità.

scavo.

3 In particolare si fa riferimento alla Legge 25 Giugno 2005, n.109 articoli 2-ter Verifica preventiva dell'interesse archeologico e 2 quater Procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico

4 Gli standard assicurano il rispetto di vincoli relativi alle forme e ai contenuti imposti per la codifica e la normalizzazione di categorie di oggetti e attributi, le strategie digitali consentono la valorizzazione del processo di documentazione, inventariazione e classificazione rendendolo semplice e di facile utilizzo per assicurare il futuro accesso agli archivi e la conservazione a lungo termine dei record archeologici (<http://www.english-heritage.org.uk/publications/digital-archiving-programme/dapmanualpreservation.pdf>, accesso 23 agosto 2011). La creazione di standard, inoltre, facilita lo scambio di informazioni, provocando lo sviluppo di una intensa collaborazione anche con istituzioni soprannazionali impegnate nello sviluppo di programmi finalizzati alla diffusione di standard e linee guida.

5 <http://www.english-heritage.org.uk/publications/digital-archiving-programme/dapmanualpreservation.pdf> (accesso 23 agosto 2011)

6 <http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/> (accesso 23 marzo 2010) creato dall'Archaeology Data Service (ADS)

Appare evidente come le finalità principali di una strategia di archiviazione digitale risiedano nella preservazione dei record originali per qualsiasi uso futuro, partendo da una definizione chiara della natura del dato registrato, delle sue caratteristiche essenziali e della sua autenticità, e nel loro trasferimento all'interno di *facilities* dove possano essere resi disponibili tramite internet⁷. Il modello proposto prevede che la creazione di archivi digitali aperti sia realizzata in accordo ad appropriati standard nazionali ed internazionali, dettagliatamente documentati in modo da determinare un accreditamento utile alla certificazione di qualità degli archivi, e che la divulgazione dei dati sia sostenuta da istituzioni nazionali, determinando una piena integrazione e collaborazione tra agenzie nazionali e comunità scientifica internazionale.

Come si può facilmente capire il mantenimento degli archivi digitali presuppone un vasto impiego di risorse umane necessarie a garantire un servizio di assistenza⁸, un'ampia varietà di formati⁹ per ogni *dataset*, atta a consentirne l'utilizzo da parte di una vasta platea di utenti, e la manutenzione dei dati¹⁰. Per quanto concerne la preservazione del contenuto vanno considerate sia le caratteristiche fisiche dell'archiviazione digitale, sia quelle strutturali. I documenti dovrebbero essere salvati in caratteri ASCII, mentre le strutture dovrebbero contenere ogni informazione sul processo di codifica adottato. Non dovrebbero, inoltre, mancare dati sulla provenienza, sul contesto e sugli inventari. Una distinzione fondamentale viene fatta tra i dati creati direttamente in formato digitale e quelli acquisiti attraverso scansioni. Tutti i dati digitali acquisiti da fonti esterne devono contenere una documentazione esplicativa sul formato adoperato e sulla compatibilità dei dati con standard, *data-model* e *thesauri* esistenti. A tutti i dati sono associati dei *metadati*, il cui obiettivo è descrivere ogni informazione relativa al tracciato del record memorizzato. Le strategie di preservazione dei dati si occupano dei requisiti necessari per il formato di memorizzazione e per

7 <http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/sect81.html> (accesso 23 marzo 2010)

8 Il portale dell'ADS fornisce PATOIS: una serie di tutorials per apprendere come utilizzare i dati digitali presenti online <http://ads.ahds.ac.uk/project/patois/module2/index.html> (accesso 4 aprile 2009)

9 I progetti di analisi degli archivi digitali nacquero anche sulla scia dei problemi legati alla proliferazione di soluzioni software "proprietarie", per loro stessa natura incapaci di garantire l'interoperabilità dei dati. L'indicazione che spesso viene fornita è, infatti, proprio quella di adottare il più possibile soluzioni open source nella creazione degli archivi digitali, infatti "quanto più si farà uso di formati di scambio aperti, tanto più i gruppi di lavoro saranno liberi di utilizzare i programmi, commerciali o open, che più si adattano alle proprie esigenze, e progetti e dati potranno "migrare" più semplicemente da un sistema ad un altro, elemento questo da non sottovalutare vista la continua evoluzione dell'informatica" (PESCARIN 2006:144)

10 Il modello prevede, ancora una volta, la partecipazione di tutta la comunità archeologica, che alla fine ne è la beneficiaria, per sviluppare strategie finalizzate al finanziamento di infrastrutture per l'informatica.

i supporti (longevità, capacità, durata, obsolescenza, costo, predisposizione al danneggiamento), mentre le strategie di accessibilità individuano i criteri necessari per una gestione di lungo termine (valutazione, inserimento; migrazione¹¹; riposo).

Come appare chiaramente, allo stato attuale non esistono archivi digitali aperti italiani¹²: il problema maggiore consiste nel far accettare un mezzo così rivoluzionario alla comunità accademica archeologica, spesso tesa a proteggere i propri dati per future, eventuali pubblicazioni; inoltre manca una ricerca completa sulla pratica della documentazione archeologica in Italia: i dibattiti metodologici-procedurali sono stati considerati fundamentalmente chiusi con i primi anni '90, mentre i progressi tecnico-informatici e la crescita dell'archeologia professionale li rendono quanto mai attuali. La presenza in Italia di una comunità archeologica che si va facendo sempre più variegata, diversificata tra organi ministeriali, organi di ricerca e archeologi professionisti, rende sempre più urgente un'analisi di questo tipo, basti ricordare come la ricerca che diede il via al progetto dell'*Archaeological Data Service* (ADS), curata dall'Università di York, prevedesse, seppure in un quadro differente da un punto di vista sia normativo che professionale, il coinvolgimento delle varie e sfaccettate realtà archeologiche presenti. È, infatti, questa pluralità di soggetti che produce il dato archeografico e che deve attivamente partecipare alla creazione delle linee guida operative (*good practice*) e degli standard per la raccolta del dato archeologico, che, in pratica, rappresentano un consenso professionale su pratiche comuni e servono per controllare la coerenza di un processo lavorativo e/o organizzativo all'interno di una comunità professionale, almeno su scala nazionale. È dagli standard che dipende la possibilità di condivisione dei dati (GATTIGLIA 2009).

1.1.2.a L'aspetto normativo

Il concetto per cui "prevenire è meglio che curare", dall'ambito della tutela della salute dei cittadini si può trasferire perfettamente all'ambito della tutela ambientale e del patrimonio culturale: in quest'ul-

11 Il Technology Watch stabilisce quando i formati originariamente adottati sono divenuti obsoleti oppure se sono disponibili formati più appropriati. <http://www.english-heritage.org.uk/publications/digital-archiving-programme/dapmanualpreservation.pdf> (accesso 23 agosto 2011)

12 A titolo esemplificativo cito la difficoltà che ha tuttora la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana a gestire i propri archivi cartacei e che ha un ricercatore nell'individuare i dati necessari, sempre che questi siano presenti (sappiamo quanta resistenza spesso esista da parte degli archeologi nel consegnare la propria documentazione di scavo per paura che venga utilizzata da altri). La gestione dell'archivio risponde ad una pratica che porta alla divisione della documentazione di scavo in tre differenti sottoarchivi: documentazione scritta; archivio fotografico; archivio grafico. Con forte rischio di depauperamento delle fonti conservate, basti pensare che la documentazione grafica conservata nell'archivio storico (interventi anteriori al 2000) di Pisa consiste in una unica pianta della metà degli anni '50.

timo caso prevenire sta a significare agire con strumenti adeguati per conseguire soprattutto la tutela del patrimonio archeologico sepolto, il più fragile che abbiamo ereditato.

Esistono sì gli strumenti normativi statali (D.Lgs 42/2004, detto Codice dei Beni Culturali e Paesaggistici) e anche quelli regionali, modellati almeno in parte su norme e atti di indirizzo emanati dall'autorità statale (in Toscana la recentissima L. R. n.21 del 25.02.2010, Testo unico delle disposizioni in materia di beni, istituti e attività culturali), mentre ancora si assiste ad una faticosa e largamente inefficace azione di tutela, ad opera degli Uffici dello Stato preposti e senza una reale e concreta partecipazione degli Enti territoriali preposti alla pianificazione e all'autorizzazione di interventi pubblici e privati.

E' capitato piuttosto di trovare in tanti privati cittadini - vagamente "avvisati" di un possibile rischio archeologico - l'intelligenza di programmare un intervento concordando con la Soprintendenza modalità operative commisurate all'intervento e tali da mettere tutte le parti al riparo da rischi: un'interruzione dei lavori e la perdita del patrimonio archeologico sepolto.

Nella normativa statale l'art.28 del D.Lgs 42/2004 contiene l'embrione di un'attività di archeologia preventiva che è stata codificata solo attraverso il D.Lgs 163/2008, il Codice dei contratti pubblici, agli articoli 95 e 96. Questa norma, peraltro, trova applicazione ancora molto raramente nel contesto delle opere pubbliche degli Enti territoriali e perfino di molti interventi statali.

Resta completamente privo di strumenti codificati e omogenei il vasto settore delle opere di privati, che sono autorizzate direttamente dal Comune in cui ricadono. Se qualche Comune si è preoccupato del potenziale archeologico del proprio territorio, dotandosi, nel proprio *Piano Strutturale*, di uno strumento conoscitivo attendibile (Carta Archeologica) e di norme e prescrizioni commisurate inserite nel Piano Regolatore si registrano risultati soddisfacenti per tutte le parti, anche se ancora perfezionabili. Ma la maggior parte dei Comuni non se ne è fatto carico responsabilmente.

L'azione da migliorare, in realtà, sta soprattutto a monte, cioè a livello della conoscenza diffusa del patrimonio già restituito dal territorio; solo questa, infatti, può dare luogo ad una presa di coscienza e ad una efficace assunzione di responsabilità a tutti i livelli delle istituzioni che agiscono sul territorio.

Con il Piano di Indirizzo Territoriale, nel 2007, la Regione Toscana ha messo a disposizione di tutti una Carta dei vincoli - in cui sono ovviamente inclusi anche i vincoli archeologici - ed ha avviato l'elaborazione del Piano Paesaggistico a norma di legge, ovvero secondo i criteri indicati dal D.Lgs 42/2004. Ne sono il risultato i vincoli imposti con DM su zone di interesse archeologico individuate per legge ai sensi dell'art. 142, comma 1, lettera m. In questa procedura uno dei prodotti è l'*Atlante ricognitivo delle risorse archeologiche*, che ha lo scopo di fornire indicazioni sulle attestazioni di ritrovamenti archeologici in tutto il

territorio regionale. I dati sono posizionati in modo puntiforme, attraverso un simbolo invariabile con il cambio di scala e variando il colore in relazione all'attendibilità del posizionamento autoptico e collegando ogni punto ad una scheda molto sintetica. Se da un lato questo strumento ha i suoi limiti nelle fonti utilizzate (per lo più l'edito ad una scala 1:100.000) è però implementabile e perfezionabile, per quanto riguarda il gradi di precisione del posizionamento e le notizie di ogni attestazione, attraverso azioni demandate agli Enti Territoriali che a cascata debbono produrre strumenti di conoscenza del territorio più raffinati.

La situazione pisana, caso di studio scelto per il progetto, solo apparentemente è tra le più fortunate. Due declaratorie - provvedimenti amministrativi di tutela emanati ai sensi della legge di tutela 1089/1939 dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, rispettivamente del 10 aprile 1986 e del 29 giugno 1993 - stabiliscono i limiti topografici di una zona, corrispondente all'area inclusa nel perimetro delle mura urbane e ad una porzione esterna, dichiarata di "importante interesse archeologico" per essersi rivelata (ma quasi sempre in circostanze fortuite) la più densa di scoperte archeologiche relative alla città etrusca, romana, medievale e post-medievale. In pratica la tutela è stata orientata dalla casualità più che dalla ricerca.

La normativa del Comune inoltre si è basata su questa dichiarazione di interesse per assoggettare gli interventi pubblici e privati ad un'unica prescrizione: l'approvazione della Soprintendenza per i Beni Archeologici nella fase finale dell'iter autorizzativo. Va preso atto però che la Soprintendenza non dispone di strumenti di organizzazione dei dati adeguati alla delicatezza del compito e nella valutazione di un progetto, finisce per ricorrere alla strategia più sicura: l'indagine archeologica sul terreno preventiva ad ogni opera, ma non prevista !

Lo sforzo ulteriore, non richiesto per legge ma suggerito da una vasta esperienza nazionale e internazionale, dovrebbe essere quindi la produzione di uno strumento capace di prevedere il potenziale archeologico del territorio e orientare le scelte di intervento tanto del pubblico quanto del privato.

1.1.3 Soggetti partecipanti

Dipartimento di Scienze Archeologiche

Dipartimento di Scienze della Terra

Dipartimento di Matematica

1.1.4 Collaborazioni esterne

- Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana
- Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana
- Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Artistici ed Etnoantropologici per le Province di Pisa e Livorno

- Comune di Pisa
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- Aerofototeca Nazionale
- Laboratorio di cultura Digitale – CISIAU Centro Interdipartimentale di Servizi Informatici per l'Area Umanistica

1.2 Qualità ed efficacia del meccanismo di gestione e programma di lavoro proposto

Il progetto MAPPA si sviluppa attraverso una serie di WPs che definiscono i vari steps successivi del lavoro. Strategia generale è l'assoluta trasparenza di tutte le fasi di lavoro, sia gestionali/amministrative, sia metodologiche, sia tecniche. Il progetto è caratterizzato dalla presenza di due WPs che possiamo definire trasversali a tutto il progetto e che in un certo qual modo ne costituiscono l'impalcatura. Si tratta di WP1 e WP13, il primo si configura come attività di project management, trasversale per durata e attività a tutti i WPs, e consentirà di pianificare, gestire, ottimizzare le risorse, i tempi e i costi di realizzazione del progetto, attraverso un comitato di gestione del progetto, coordinato dal responsabile scientifico del soggetto capofila (Dsa: prof.ssa Maria Letizia Gualandi) e costituito dai responsabili scientifici dei Dipartimenti partecipanti (Dst: prof.ssa Marta Pappalardo; Dm: prof. Dario Bini), dal prof. Sergio Steffè (Dm) e dal dr. Giovanni Sarti (Dst). La trasversalità di questa attività è determinata proprio dalle sue funzioni specifiche. Si tratta, infatti, di coordinare il lavoro tra i partecipanti e nominare i referenti dei diversi WPs; assicurare il rispetto del crono programma dei lavori per una corretta sincronizzazione dei WPs nonché il rispetto del raggiungimento delle milestones e degli obiettivi generali, scientifici e tecnologici espressi nel progetto; promuovere la visibilità del progetto attraverso aggiornamenti periodici sullo stato dei lavori che escano dagli esclusivi circuiti scientifici, e garantiscano una ricaduta sul tessuto territoriale e regionale; mantenere i contatti e le relazioni con i referenti dei soggetti collaboratori esterni (Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana; Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana; Comune di Pisa; Dipartimento di Anglistica; Centro Linguistico Interdipartimentale; Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). Il comitato di gestione sarà inoltre garante della corretta amministrazione delle risorse finanziarie del progetto, in diretto contatto con la segreteria del progetto, che assicurerà la coerenza delle voci di spesa, redigerà, congiuntamente con i responsabili dei WPs e la segreteria di progetto, i report semestrali di verifica dello stato dei lavori, la relazione scientifica finale, la rendicontazione amministrativa e contabile di tutte le fasi del progetto, e si occuperà anche degli acquisti necessari all'adeguamento tecnologico del centro funzionale di gestione del progetto. Appare da tutto ciò evidente il ruolo di trasversalità di questa attività, che risulta il collante gestionale del progetto, e quindi l'importanza che ha per quest'ultimo. Da ciò deriva quindi la sua durata,

atta a coprire l'intero arco cronologico del progetto. Similmente WP13, che si configura come attività di training, legata alla disseminazione e alla formazione, ha un identico valore di trasversalità, esso deriva direttamente da WP1, motore dell'intero progetto, ma con durata parzialmente inferiore, pari a 23 mesi. La sua trasversalità è dovuta al fatto che esso, coerentemente, assomma e svolge completamente le funzioni di disseminazione e formazione per tutta la durata del progetto. Queste, infatti, sono intese come attività capillare e continua, un vero *work in progress*, la finestra sul progetto che permette trasparenza, controllo e diffusione, e non in maniera riduttiva come eventi saltuari, legati al raggiungimento dei singoli *steps* del progetto e riferibili a singoli WP. Il sito web è la reale finestra aperta sul progetto, verrà creato nel primo mese del WP (secondo del progetto complessivo), ospitato sui server dell'Ateneo, e sarà tradotto integralmente in inglese grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Anglistica e il Centro Linguistico Interdipartimentale. La sua messa in rete rappresenta un evento verificabile, anche se non un vera milestone. Il sito sarà il contenitore - ecco ancora una volta evidenziato il carattere di trasversalità al progetto - dei report tecnici, dei prodotti/*milestone* realizzati dalle varie attività, cartografia archeologica, geomorfologica, paleografica e di potenziale, saranno, infatti, rese fruibili tramite web gis, dell'archivio aperto (*open digital archaeological archive*). Il "Laboratorio di Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico" (LabMAPPA), finestra aperta e luogo fisico di confronto didattico/scientifico, sarà la sede del progetto e quindi della formazione e dell'aggiornamento continuo e trasversale, intesi come multidisciplinari. La formazione avverrà tramite un graduale e continuo trasferimento di *know how* dal team di ricerca agli studenti, futuri addetti alla R&S: l'aggiornamento tramite incontri *workshop* rivolti al personale tecnico non universitario utilizzatore, a fini di progettazione/programmazione, delle metodologie elaborate dal progetto.

All'interno di queste due macroattività che seguono tutto il progetto si svolgono i WPs, che debitamente collegati tra loro, concorrono al raggiungimento dei risultati attesi. Punto di partenza è quindi WP2 pacchetto di lavoro di breve durata (1mese), che produce l'impalcatura metodologica del lavoro. In WP2 si procede all'analisi concettuale del significato di potenziale archeologico ed alla definizione dei parametri atti a definirlo, cioè di tutti gli elementi che concorrono al calcolo del potenziale archeologico di un'area urbana e di come tradurli in componenti numeriche, fondamenti del successivo studio matematico. Questa riflessione condivisa, a cui parteciperanno tutti i soggetti partecipanti (Dsa, Dst e Dm), produrrà un report scientifico, prima *milestone* del progetto, che verrà disseminata attraverso il sito, rendendo altresì verificabile il raggiungimento della stessa. La conclusione di WP2 darà così l'avvio contemporaneo a tre distinti pacchetti WP3, WP4 e WP5, dal momento che nella prima fase del lavoro si possono compiere una serie di attività in parallelo, atte soprattutto alla "rac-

colta" dati necessaria alle elaborazioni successive. Il pacchetto WP3 si occuperà della raccolta dei dati geomorfologici e sedimentologici. Si tratta di un'attività di ricerca propedeutica all'elaborazione della carta di potenziale, avente ricaduta diretta sull'attività WP8. La lunga durata di questa attività (11 mesi) è data dalla necessità di raccogliere sia dati esistenti sia numerosi dati nuovi. WP3, infatti, si occupa da un lato del rilevamento geomorfologico di dettaglio necessario all'elaborazione di un modello digitale del terreno ad altissima risoluzione attraverso l'integrazione tra dati LIDAR, dati cartografici, dati derivanti dall'utilizzo di GPS differenziale. Dall'altro di acquisire attraverso una rilettura analitica, i dati di sottosuolo esistenti e gestirli in ambiente GIS, fino alla realizzazione di sezioni stratigrafiche bi e tridimensionali che permetteranno la stesura di un modello preliminare dell'architettura stratigrafico-deposizionale del primi 6-8m di sottosuolo, che consentirà di valutare, di concerto con geomorfologi e archeologi, le aree chiave per l'acquisizione di nuovi dati dove ubicare nuovi sondaggi a carotaggio continuo. Questi, letti congiuntamente da geologi e archeologi serviranno alla costruzione di log stratigrafici e al prelievo di campioni da destinare alle analisi di laboratorio, in particolare petrografiche, polliniche e radiometriche. Le analisi petrografiche forniranno indicazioni sulla composizione e provenienza dei sedimenti fornendo indicazioni fondamentali sulla paleoidrografia. Le analisi polliniche permetteranno di caratterizzare i vari eventi climatici fornendo sia indicazioni paleoambientali sia elemento di correlazioni tra i vari livelli stratigrafici. Le datazioni radiometriche col metodo C14 permetteranno infine di costringere, dal punto di vista temporale, il quadro di correlazione. L'insieme di questi nuovi dati e la conseguente implementazione del progetto GIS, permetteranno la redazione di ulteriori sezioni stratigrafiche e/o la revisione di quelle già effettuate nella fase preliminare e la definizione di un modello di evoluzione dell'architettura stratigrafico-deposizionale del primo sottosuolo coerente in termini di evoluzione spazio-tempo. I dati ottenuti saranno poi sintetizzati in una relazione finale e in un "protocollo di azione" metodologico comune tra geologi e archeologi, che fornirà delle linee guida per la collaborazione fra i diversi specialisti. Il raggiungimento degli obiettivi sarà evidenziato dal raggiungimento di una milestone individuata nella realizzazione delle carte geomorfologiche e paleogeografiche, che saranno disseminate attraverso il webgis integrato nel sito dedicato al progetto, rendendo così verificabile il raggiungimento della milestone stessa. WP4 prevede la verifica del Database relazionale già in uso dal Dsa, il suo adeguamento ai nuovi dati che verranno raccolti nel corso del progetto, con la conseguente creazione delle tabelle necessarie alla loro archiviazione, la normalizzazione delle differenti tipologie dei campi/dato e la compilazione dei vocabolari chiusi (*thesauri*). La limitata durata (2 mesi) di questo pacchetto è legata alla tipologia di lavoro prevista: si tratta infatti di implementare la struttura del RDBMS realizzato con una architettura aperta e facilmente integrabile, costruita per contenere il massi-

mo numero di informazioni possibili e consentire un utilizzo diversificato a seconda del tipo di alfabetizzazione informatica dell'utente attraverso la realizzazione di un'interfaccia utente *user friendly*. Il prodotto realizzato al termine del pacchetto è quindi definibile come versione completa ed aggiornata del precedente RDBMS. Anche WP5 inizia a seguito della riflessione concettuale di WP2. Il suo scopo è l'implementazione del censimento già esistente di tutti i dati archeologici della città di Pisa attraverso lo spoglio dei dati editi in letteratura e la ricognizione sistematica degli archivi della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana (SBAT) e della Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Artistici ed Etnoantropologici per le Province di Pisa e Livorno (SBAAAS). Saranno inoltre raccolti in collaborazione con la SBAT i dati archeografici disponibili (documentazione grafica, fotografica e compilativa) relativi a scavi stratigrafici svolti nell'area urbana. Come WP4 ha una breve durata (2 mesi) dal momento che, quest'ultimo, parte da una consistente base di dati raccolti in occasione di precedenti lavori di ricerca (tesi di laurea e dottorato) svolti dal Dsa. Appare significativo sottolineare la partecipazione del Dm a questa attività il cui scopo è quello di verificare in maniera diretta quali tipologie di dati utilizzi l'archeologo e quali possano essere i metodi più coerenti per una loro trattazione matematica. La conclusione del pacchetto WP5, contemporanea a WP4, darà origine a due differenti attività: WP6, strettamente archeologica, che ha un rapporto di inizio fine anche con WP4, e WP9 di ricerca matematica, che ha un rapporto di inizio fine con il solo WP5. WP6 rappresenta il percorso di lavoro necessario alla redazione della Carta Archeologica. Prevede l'inserimento dei dati raccolti in WP5 nel database relazionale, la loro analisi da parte di specialisti archeologi su singoli periodi storici; la vettorializzazione degli stessi in ambiente GIS e la georeferenziazione dei dati foto interpretati, svolta con l'ausilio del Dst, che ha acquisito notevole esperienza in questo settore. Tutti i dati inseriti in ambiente GIS saranno quindi rielaborati e sintetizzati in forma diacronica e daranno origine alla Carta Archeologica della città di Pisa. L'importanza di questo *step* ne giustifica la durata (5 mesi) e l'impegno di tempo profuso in ore uomo. Questo passo rappresenta il raggiungimento di una *milestone*, che sarà resa verificabile attraverso la pubblicazione nel sito web del progetto in forma di web-gis e così consultabile da una vasta utenza (WP13), e attraverso una pubblicazione digitale, resa possibile dalla collaborazione con le edizioni PLUS dell'Ateneo pisano, che racconterà sia i passaggi metodologici, sia la parte descrittiva del lavoro non fruibile tramite web-gis. La Carta Archeologica rappresenta sia un tassello importante per la ricerca, sia un utile strumento conoscitivo: essa riporterà, tutte le presenze archeologiche attestata nell'area urbana di Pisa in senso diacronico dalla preistoria fino all'età contemporanea. Ricordiamo che le precedenti cartografie archeologiche di Pisa, oltre ad essere ormai obsolete, riportavano i dati archeologici solo fino all'età romana. La pubblicazione come cartografia numerica ne permette un continuo aggiornamento

superando, così, il rischio di una rapida obsolescenza. Il termine di WP6 rappresenta l'inizio di un nuovo pacchetto, WP7, che comprende: la schedatura dei dati editi, di archivio e derivanti dall'analisi autoptica dell'edilizia storica, la georeferenziazione e le vettorializzazioni dei dati al fine di comprendere le fasi di sviluppo del tessuto urbano e anche il livello di conservazione del patrimonio architettonico; la raccolta delle fonti documentarie scritte edite, la loro georeferenziazione e vettorializzazione, al fine di localizzare toponimi, attività produttive, infrastrutture e assetti topografici non più esistenti; l'acquisizione informatica della cartografia storica al fine di seguire le trasformazioni urbanistiche nel corso dell'età moderna e contemporanea; infine la creazione della cartografia dei vuoti stratigrafici, attraverso il censimento, svolto con la collaborazione dell'Amministrazione Comunale, della fitta rete di ambienti sotterranei rappresentata da cantine, garage, cisterne, vani di servizio, sottoservizi, nonché dalle porzioni già oggetto di scavo archeologico, che hanno comportato l'asportazione del deposito stratigrafico. Il tempo previsto per il raggiungimento degli obiettivi di questo pacchetto è pari a 4 mesi, la sua durata, doppia rispetto a WP5, e l'impegno mesi uomo profuso sono legati alla minore quantità di questi dati attualmente già disponibili dal Dsa. Il WP7 si mostra così propeudeico al successivo WP8, nel quale confluiscono i dati geomorfologici e paleogeografici prodotti dal WP3, anch'essi disseminati nel sito all'interno del webgis. WP8 si pone quindi un duplice obiettivo fondamentale, quello di revisionare i dati immessi alla luce di un'interpretazione dello sviluppo dell'insediamento nei diversi periodi storici, e di elaborare un prototipo del modello del Potenziale Archeologico urbano da sottoporre a successive verifiche sperimentali. Si tratta di un pacchetto di lavoro fondamentale come attesta la sua durata (5mesi) e la collaborazione stretta tra Dsa, Dst e Dm. La prima fase del pacchetto prevede il lavoro congiunto tra archeologi e geologi che integrando i dati archeologici con quelli geologici e geomorfologici, attraverso l'analisi geostatistica, porti alla redazione di una serie di modelli altimetrici (piani quotati) relativi ai livelli di vita dei diversi periodi storici. La sovrapposizione dei differenti piani quotati sarà quindi utilizzata per ottenere, attraverso un ulteriore processo di interpolazione, sviluppato con software utilizzato per la resa tridimensionale del deposito geologico, un modello teorico della consistenza volumetrica dei depositi di un determinato periodo. Questo processo permetterà di valutare con più alto margine di precisione, la consistenza del deposito archeologico in tutte quelle zone urbane nelle quali ad oggi non vi sono attestazioni puntuali. Completata questa fase di lavoro si passerà ad una revisione archeologica dei dati periodizzati per la valutazione dei singoli potenziali di periodo. Questa, comparata con i piani quotati di periodo, consentirà di analizzare l'evoluzione geomorfologica ambientale e quella dell'insediamento nella sua componente topografica, tipologica e qualitativa, per i singoli periodi storici, giungendo così ad evidenziare le aree di maggiore e minore con-

centrazione di rinvenimenti, le aree di ipotetico sviluppo urbanistico/insediativo nonché quelle di assenza di frequentazione/insediamento antropico. Contestualmente saranno analizzate e classificate le tipologie dei ritrovamenti nelle loro variabili di mobilità, amovibilità e componente monumentale. Tutti i dati confluiranno nella redazione di singole carte di potenziale per periodo storico, punto di partenza per la redazione della cartografia di potenziale archeologico dell'intera città. Completate queste operazioni si arriva al cuore del progetto: l'elaborazione del modello prototipale della cartografia di Potenziale. Questa avverrà sia tramite un processo di map algebra realizzato in ambiente GIS effettuato attraverso la sovrapposizioni di una serie di dati spaziali tra cui le carte di potenziale di periodo e la consistenza del deposito archeologico, debitamente rasterizzati e riclassificati sulla base di adeguati parametri, sia tramite l'applicazione della funzione matematica realizzata in WP9. Il duplice calcolo è necessario alla verifica e all'analisi dei due processi impiegati e alla taratura della funzione matematica. Appare evidente come il percorso di WP8 debba essere svolto a stretto contatto con i matematici che nel corso del WP9, iniziato a partire da WP5, hanno parallelamente, ma con un continuo confronto, elaborato la loro analisi di modelli matematici per la predizione del potenziale archeologico. WP9 condensa al suo interno la fase di ricerca dell'algoritmo che permetta il calcolo del potenziale archeologico. Si tratta di un lungo percorso di ricerca (14 mesi) che parte dalla trasformazione, mediante i criteri sviluppati nel WP2, dei dati archeologici, studiati in WP5, con creazione di un data base numerico e prosegue con lo studio e l'analisi dei modelli matematici presenti nella letteratura scientifica e la valutazione dell'adeguatezza dei modelli disponibili al problema della determinazione del potenziale archeologico relativamente all'area urbana di Pisa, fino all'eventuale integrazione degli eventuali modelli esistenti e allo sviluppo di nuovi modelli matematici per la determinazione del potenziale archeologico. Tra gli approcci utilizzati verranno prese in considerazione metodologie statistiche, metodologie informatiche e metodologie numeriche; gli approcci *rule-based* e *evolutionary algorithm*, esaminando anche la possibilità di applicare metodologie tipo *PageRank* al problema. Infine lo sviluppo e l'analisi di algoritmi per la risoluzione dei modelli matematici individuati tenendo conto degli aspetti computazionali quali complessità di calcolo, stabilità numerica e robustezza. I WPs 8 e 9 porteranno alla realizzazione della ultima *milestone* prevista nel progetto, cioè l'elaborazione del prototipo della carta di potenziale. Questa *milestone*, visto il suo carattere prototipale, non sarà pubblicata. Il suo raggiungimento sarà verificabile attraverso la redazione di un report scientifico che verrà pubblicato sul sito web dedicato. La produzione del prototipo della carta di potenziale porterà alla redazione, nel corso del WP8, della prima versione delle linee guida operative, realizzate dal Dsa in collaborazione con la SBAT e diretta conseguenza della cartografia di potenziale. Queste rappresentano un insieme di procedure che integrano la determinazione del

potenziale archeologico, indicando la tipologia delle opere da eseguire e il calcolo del rischio archeologico relativo, le modalità standardizzate e condivise che determinano la pianificazione preliminare dell'intervento. Alla conclusione di questa importante fase di lavoro inizieranno il WP 10 (3 mesi), WP 11 (4 mesi) e WP 12 (6 mesi). WP 10 attraverso una prima fase di test sperimentali e strumentali porterà alla verifica dei modelli prodotti. In particolare verrà verificata l'effettiva validità predittiva dei modelli del potenziale archeologico, elaborati, rispetto a dati non ancora noti, attraverso la realizzazione di un sondaggio di scavo archeologico, e di alcuni carotaggi posizionati in aree campione. Sarà così possibile verificare quale valore del potenziale i due modelli attribuiscono alle aree campione. L'esperienza sperimentale consentirà inoltre di testare le linee guida stilate, consentendo l'apporto di eventuali modifiche prima della fase di disseminazione (WP13) I dati raccolti verranno analizzati, in stretta collaborazione tra i tre Dipartimenti coinvolti nel progetto, per consentire il perfezionamento del modello matematico di elaborazione definitiva della carta di potenziale archeologico e la revisione della prima redazione delle linee guida operative, che essendo due dei prodotti attesi dal progetto verranno disseminati attraverso il sito web. La prima, in particolare, sarà pubblicata sia come web-gis, consultabile on-line, sia attraverso una pubblicazione digitale, resa possibile dalla collaborazione con le edizioni PLUS dell'Ateneo pisano, che racconterà sia i passaggi metodologici, sia la parte descrittiva del lavoro non fruibile tramite web-gis. In contemporanea si svolgerà il WP11 curato dal Dm in collaborazione con il Dsa e dedicato all'implementazione, validazione e confronto dei modelli mediante simulazioni. Dei vari modelli analizzati verrà data una implementazione prototipale e con questa verranno svolti test e confronti. I test saranno condotti utilizzando dati completi che verranno assegnati solo in forma parziale all'algoritmo. Infine avverrà la scelta del modello e realizzazione di software che sarà reso disponibile tramite licenze *open source* e disseminato attraverso il sito web del progetto. La scelta ricadrà sul modello che avrà dato migliori risultati in termini di adeguatezza, capacità di predire il potenziale con un ridotto margine di errore, e che sia risolvibile con algoritmi di bassa complessità di calcolo. Assieme a questi due ultimi WPs, si svilupperà WP12, pacchetto ad elevatissima valenza scientifica e metodologica, vera e propria pietra nello stagno dell'immobilità accademica. Attraverso questo pacchetto di lavoro si mira alla creazione di un archivio digitale, come modello esportabile, condivisibile e ripetibile per l'archiviazione di tutta la documentazione stratigrafica e alla definizione di parametri di riferimento per la condivisione della documentazione digitale e la redazione di norme puntuali come linee guida all'utilizzo e compilazione dell'archivio informatico. Il risultato verrà raggiunto attraverso l'analisi del quadro normativo in materia di proprietà e disseminazione del dato archeologico, svolta dal Dsa, in particolare dalla cattedra di Legislazione dei Beni Culturali, in collaborazione con la SBAT, nel quale verrà definito come

disseminare i dati archeologici grezzi e lo schema concettuale per determinare le procedure di valutazione necessarie a definire se un determinato dato archeologico sia o meno da preservare all'interno dell'archivio digitale. In questa fase si procederà anche alla verifica qualitativa dei dati a disposizione. Agli standard atti a normare l'attività di registrazione delle indagini sul campo è necessario affiancare una serie di *good practices*, relative alle procedure informatiche da adottare per progettare, implementare e conservare l'archivio digitale. Gli standard assicurano il rispetto di vincoli relativi alle forme e ai contenuti imposti per la codifica e la normalizzazione di categorie di oggetti e attributi; le strategie digitali consentono la valorizzazione del processo di documentazione, inventariazione e classificazione rendendolo semplice e di facile utilizzo per assicurare il futuro accesso agli archivi e la conservazione a lungo termine dei record archeologici. La creazione di standard, inoltre, facilita lo scambio di informazioni. Le strategie di preservazione dei dati si occupano dei requisiti necessari per il formato di memorizzazione e per i supporti (longevità, capacità, durata, obsolescenza, costo, predisposizione al danneggiamento), mentre le strategie di accessibilità individuano i criteri necessari per una gestione di lungo termine (valutazione, inserimento; migrazione; riposo). I dati digitali vengono realizzati per la maggior parte con *softwares* proprietari. Sebbene questa scelta possa essere discutibile, è anche vero che i *softwares* proprietari rappresentano la maggioranza dei *softwares* impiegati, e che con questi bisognerà fare i conti nella creazione di archivi digitali, mentre l'*open source* rappresenta, attualmente, la possibilità di adottare alternative possibili. Il concetto base dell'*open data*, infatti, in maniera pragmatica, non è tanto, o non solo, come i dati siano stati realizzati, quanto piuttosto che siano condivisi e messi a disposizione di tutta la comunità. Pertanto la scelta dei formati tramite i quali effettuare questo scambio di conoscenza sarà fatta partendo dall'idea di raggiungere l'utenza più ampia possibile. A seguito della verifica del quadro normativo verranno definite le licenze (*copyright/copyleft*), per la diffusione dei dati archeologici grezzi (archeografici). La pubblicazione dei dati archeografici deve, infatti, essere garantita come la pubblicazione dei dati interpretati (archeologici), mantenendo un diritto di prelazione per un periodo limitato di tempo per la pubblicazione interpretativa (archeologica), ma lasciando liberi i dati archeografici per differenti analisi attraverso l'uso di apposite licenze. Il lavoro svolto darà vita ad un vero proprio archivio dei dati stratigrafici disponibili su Pisa, che conterrà la documentazione dettagliata: elenchi US, schede US, piante di US, matrix, relazioni preliminari, schede di quantificazione, immagini degli scavi disponibili e sarà accessibile on-line attraverso il sito dedicato al progetto.

La redazione del work plan ha evidenziato degli elementi critici, concentrati nella fase finale del progetto. La fase di raccolta dati, appare, infatti, sostanzialmente scevra di rischi. Elementi critici possono nascere dagli ultimi tre Wps, in particolare da WP10

e WP 11, ovvero nella fase di elaborazione definitiva del potenziale, dell'algoritmo e del software applicativo. Rischi potrebbero derivare dalla necessità di operare un maggior numero di verifiche e di affinamenti prima di liberare la versione definitiva del prodotto. Per questo WP10 e WP 11 hanno rispettivamente uno *slack* di 3 e 2 mesi, che consentono di aumentare di metà e di un terzo i tempi previsti per la realizzazione finale del prodotto. Elementi di criticità potrebbero derivare anche dalla ricerca delle migliori modalità normative per licenziare i dati archeologici, pertanto WP12 non solo è previsto di durata ragguardevole all'interno del progetto (6 mesi), ma ha un ulteriore *slack* di 1 mese.

2. Elementi per la valutazione del progetto

2.1. Grado di innovazione del progetto

Il Progetto M.A.P.P.A. si presenta sicuramente come un progetto ambizioso ed innovativo, vediamo le principali caratteristiche di innovazione.

2.1.1 innovazione di prodotto

Quanto viene realizzato all'interno del progetto si presenta come prodotto archeologico sistemico aperto attraverso la rete, basato su due pilastri fondamentali e complementari tra loro:

- a) la cartografia del potenziale archeologico e l'archivio digitale aperto, collegati dalla loro intrinseca tematica archeologica e dalla necessità di produrre dati ad elevato contenuto scientifico;
- b) la possibilità di condivisione da parte di una platea scientifica e pubblica, la più vasta possibile.

La cartografia del potenziale archeologico – che, come si è visto nella stato dell'arte, è ancora allo stato embrionale nel panorama italiano – sarebbe già di per sé un prodotto "nuovo", ma il valore decisamente innovativo consiste nell'automatizzare il calcolo del potenziale archeologico attraverso la redazione di un apposito algoritmo. Questo prodotto consentirà, quindi, una valutazione non solo meno soggettiva, ma, soprattutto, in grado di considerare un vasto numero di parametri, non altrimenti gestibili.

La possibilità di redigere con maggiore facilità la cartografia di potenziale, se vista all'interno del recente quadro normativo sulla valutazione dell'impatto archeologico (D.Lgs 163/2008) che attribuisce anche ai Dipartimenti Archeologici la possibilità di effettuare valutazioni preliminari nel caso di opere pubbliche, rende in maniera ancora più esplicita il carattere di estrema innovazione del nostro prodotto, soprattutto fornendo, attraverso la ricerca, uno strumento di maggiore competitività per lo sviluppo di una società della conoscenza. Tale strumento realizza anche la possibilità di far diventare il Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Ateneo pisano leader in un ambito di sicura e forte espansione futura.

Il sistema inoltre prevede la possibilità di accedere liberamente attraverso la rete alla cartografia prodotta, garantendo in questo modo anche una migliore e più consapevole fruizione e salvaguardia del patrimonio culturale. La necessità di creare archivi digitali aperti secondo un'ottica veramente open data rappresenta il futuro dell'archeologia. Il carattere innovativo di questo progetto consiste nel prospettare una soluzione che, partendo dal basso, coinvolga l'intera comunità archeologica e, come accaduto per i movimenti open, costringa a modificare abitudini e ad imporre gli standard necessari (GATTIGLIA C.S.), piuttosto che aspettare un'operazione istituzionale tra gli enti preposti alla salvaguardia e alla tutela del patrimonio archeologico che definisca standard e linee-guida che i ricercatori dovrebbero poi utilizzare (D'ANDREA 2006:78).

La reale innovazione è quindi iniziare a far circolare una grande quantità di dati grezzi, attraverso un archivio, rintracciabili tramite il sito dedicato al progetto. Iniziare a condividere i dati significa, infatti, iniziare a ragionare sulle procedure di standardizzazione, così come risulta importante dividerli in tempi brevi rispetto alla loro produzione; i dati invecchiano ed è meglio metterli a disposizione subito, senza cercare la perfezione, quando la comunità scientifica è maggiormente in sintonia metodologica con chi li ha prodotti. Ulteriore livello di innovazione consiste nel far accettare un mezzo così rivoluzionario alla comunità accademica archeologica, spesso tesa a proteggere i propri dati per future, eventuali pubblicazioni. La strada, anch'essa innovativa, che si vuole percorrere è quella di considerare la pratica archeografica, sia essa legata alle strutture dedicate alla ricerca o a professionisti del settore, sempre e comunque un'attività di ricerca, dal momento che produce dati unici e irripetibili. Siccome non vi è ricerca fino a quando non vi è pubblicazione del dato, appare evidente che la condivisione dei dati grezzi debba essere considerata come una e vera e propria pubblicazione scientifica, salvaguardando sia la conoscenza, sia il lavoro di raccolta. La pubblicazione di queste informazioni (pubblicazione archeografica) deve quindi essere garantita come la pubblicazione dei dati interpretati (pubblicazione archeologica) e dovrebbe essere citata come curatela condivisa tra la Direzione Scientifica e chi ha raccolto e prodotto il dato archeografico, mantenendo un diritto di prelazione per un periodo limitato di tempo per la pubblicazione interpretativa (archeologica), ma lasciando liberi i dati per altre analisi attraverso l'uso di licenze aperte come *Creative Commons Share Alike*. Se in generale il principale metro di valutazione della competitività nelle istituzioni scientifiche e accademiche è proprio la quantità di conoscenza che un qualsiasi ricercatore riesce a rendere pubblica attraverso articoli e libri nel minor tempo possibile (GRUPPO LASER 2005:39), il mondo archeologico non sembra utilizzare lo stesso metro e al posto del copyright utilizza la non accessibilità dei dati: chi ha scavato trattiene ogni genere di informazioni per poterle un giorno pubblicare da sé, impedendo ogni condivisione del dato grezzo, che

comunque non verrà pubblicato nel dettaglio, ma al massimo utilizzato per il lavoro di sintesi. In pratica si attua un vero progresso nella diffusione del dato che porta ad una reale democratizzazione della ricerca.

2.1.2 innovazione di processo

Vogliamo porre l'accento sull'approccio metodologico multidisciplinare che il progetto propone, come innovazione in sé. Sono infatti rari, nel panorama italiano, i casi in cui le tematiche connesse al patrimonio archeologico sepolto, e soprattutto alla ricostruzione dell'insediamento urbano storico, vedono operare insieme archeologi, geologi e matematici. La sostanziale componente di predittività intrinseca alla Carta del Potenziale Archeologico richiede infatti un approfondito lavoro di definizione concettuale dei vari elementi che intervengono nella determinazione stessa del concetto di "potenziale". Risulta, quindi, fortemente innovativa la discussione stessa (proposta nel WP2) che scaturirà all'interno del gruppo di lavoro e soprattutto la creazione di un report puntuale che delinea, in forma numerica, tutti gli elementi, individuati su base multidisciplinare, che concorrono alla ripartizione dei vari gradi di potenziale archeologico.

Le ricadute di tale collaborazione non investono solo l'oggetto del progetto, ma contribuiscono alla crescita delle conoscenze delle singole discipline e gettano le basi di un comune linguaggio che permetta un dialogo sempre più profondo tra esse, vera nuova sfida per l'innovazione. Nello specifico verrà elaborato un protocollo d'azione che integri le diverse professionalità coinvolte non solo a livello di tempistica, ma soprattutto di tipologia e standard della documentazione da produrre e di terminologia da utilizzare. Tale protocollo potrà essere sperimentato nell'area di studio ed esportato in altre aree sia in progetti di ricerca, sia di gestione del territorio. La collaborazione tra archeologi e geologi non è una novità nel contesto nazionale, ma essa è stata prevalentemente finalizzata allo studio di un singolo sito archeologico; mai, come in questo caso, applicata ad un'ampia area metropolitana caratterizzata da una esasperata varietà di ambiente e paesaggi in continuo divenire. Maggiormente innovativo è l'approccio con le discipline matematiche, sottolineato dalla ricercata collaborazione con il Dm. In questo caso è manifesta la volontà di razionalizzare quanto più possibile il dato archeologico, assottigliandone la componente soggettiva intrinseca. I modelli matematici sono pervasivi nello studio di gran parte di problemi del calcolo scientifico e del mondo reale. In particolare essi hanno grande diffusione in problemi geologici quali la predizione di bacini petroliferi o acquiferi mediante lo studio di problemi inversi. Nello studio del potenziale archeologico, assimilabile a un problema inverso, tale diffusione non ha avuto ancora dimensioni ampie. Esistono infatti solo alcuni studi parziali nella letteratura scientifica corrente che non sfruttano le potenzialità che le moderne teorie matematiche mettono a disposizione. L'innovatività del progetto

sta nella esportazione di metodologie matematiche e algoritmiche avanzate da settori consolidati ai problemi specifici dell'archeologia e quindi nel promuovere il progresso sperimentale nelle tecnologie per la conservazione e valorizzazione dei beni culturali.

A conferma della nostra profonda volontà di focalizzare l'attenzione sullo sviluppo di tale approccio metodologico multidisciplinare, il progetto prevede l'adeguamento delle strutture già presenti nel Dsa (Centro di foto interpretazione aerea "Marcello Cosci") per l'attivazione di un "Laboratorio di Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico" (LabMAPPa), sede operativa aperta a tutto il team di ricerca ove saranno periodicamente promosse attività di formazione didattico-scientifica per gli studenti dei tre dipartimenti, mirate a trasmettere il progresso sperimentale delle scienze e delle tecnologie acquisite nei vari step e nei diversi ambiti disciplinari, con lo scopo di creare nuovi addetti alla R&S forti di competenze complementari alle proprie discipline specifiche, applicabili alla salvaguardia e tutela del patrimonio archeologico.

Nell'ambito di questo progetto verranno integrati sulla stessa piattaforma GIS i dati di sottosuolo (stratigrafie, pozzi, penetrometrie) e quelli di superficie (microrilievo, rete idrografica attuale, geomorfologia), dati archeologici (ritrovamenti, Unità stratigrafiche, ecc.), dati urbani (edifici, strade, sottoservizi, ecc.). Questa strategia, che non è mai stata applicata se non in casi di studio pionieristici, consente di integrare fra loro dati che tradizionalmente sono soggetti ad analisi – ed anche a rappresentazioni – separate. In particolare il dato stratigrafico e quello geomorfologico, se combinati, possono offrire possibilità interpretative più ricche e complete.

L'integrazione di queste differenti categorie di dati, verrà utilizzata, attraverso un'analisi geostatistica sviluppata in ambiente GIS, per ottenere una serie di modelli altimetrici (piani quotati) relativi ai livelli di vita dei diversi periodi storici. La sovrapposizione dei differenti piani quotati verrà a sua volta utilizzata per ottenere un modello teorico della consistenza volumetrica dei depositi di un determinato periodo attraverso un ulteriore processo di interpolazione, sviluppato con *software* utilizzato per la resa tridimensionale del deposito geologico, con un processo mai tentato su estensioni urbane, che permetterà di valutare con più alto margine di precisione la consistenza del deposito archeologico in tutte quelle zone urbane nelle quali ad oggi non vi sono attestazioni puntuali. Fattore innovativo è rappresentato dall'utilizzo integrato di tecniche all'avanguardia, quali immagini LIDAR, telerilevamento, GPS differenziale, per lo studio geologico delle aree urbane di pianura, che costituiscono una frontiera per lo studio geomorfologico, in quanto caratterizzate da morfologie relitte, poco visibili e spesso parzialmente cancellate dall'antropizzazione. In un'area di pianura come quella sulla quale si sviluppa l'abitato storico di Pisa, ad esempio, dislivelli modesti e attualmente poco percepibili potranno essere rilevati in modo dettagliato mediante l'utilizzo di GPS e immagini LIDAR. Questi variazio-

ni topografiche rivestono un'importanza rilevante non solo per il loro significato geomorfologico, ma anche per gli effetti che la loro presenza ha sul deflusso naturale delle acque e sulle scelte insediative: lo studio di una metodologia volta ad individuare i contesti geomorfologici vocati alle diverse tipologie di popolamento e di sfruttamento del suolo rappresenta dunque una innovazione nel campo degli studi geomorfologici. In particolare per l'individuazione dei paleovalvei verranno applicate una serie di analisi sia su immagini aeree (ortofoto) ad alta risoluzione (1 metro) che su scene satellitari aventi risoluzione 30 metri (Landsat 7 ETM+). I due aspetti presi in considerazione saranno: il riconoscimento di oggetti naturali o antropici aventi geometrie contigue con andamento meandriforme o sinuoso (per es. aree vegetate boschive, aree coltivate, strade ecc.) e l'elaborazione di immagini attraverso alcune tecniche di "stretching" o "filtering" finalizzate ad enfatizzare l'oggetto indagato. La prima analisi verrà effettuata sulle sole ortofoto, usando scale di visualizzazione opportune in funzione della dimensione dell'oggetto indagato. La seconda verrà effettuata sia sulle ortofoto a toni di grigio che sulle bande dell'infrarosso e del pancromatico estratte dall'immagine Landsat 7 ETM+. Queste bande, sensibili al contenuto di umidità, forniscono con le loro variazioni di tono di colore indicazioni utili sulla presenza di possibili letti fluviali abbandonati. L'interpretazione dei dati di sottosuolo avverrà secondo i principi della stratigrafia sequenziale ad alta risoluzione (utilizzati nel campo della ricerca petrolifera) ai fini della ricostruzione di dettaglio 3D dell'architettura deposizionale del sottosuolo e dell'evoluzione paleogeografica dell'area oggetto di studio.

2.1.3 nuove procedure standard e protocolli

Grande attenzione è riservata in questo progetto all'introduzione di procedure standard e protocolli. Le principali innovazioni risiedono negli standard procedurali legati alla disciplina operativa nelle valutazioni dell'impatto archeologico e nell'introduzione di nuovi standard per la conservazione e trasmissione del dato archeologico grezzo.

Il progetto provvederà alla definizione, in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, di un protocollo operativo che permetta di razionalizzare le risorse e i tempi di intervento di un'indagine archeologica legata a lavori di natura sia pubblica che privata, divenendo uno strumento indispensabile per guidare le scelte progettuali. Basandosi sulle indicazioni della normativa sull'archeologia preventiva (D.Lgs 163/2008), che detta già i passaggi fondamentali per la pianificazione degli stadi di raccolta di elementi ai fini della valutazione di impatto archeologico di un'opera pubblica su una determinata area, riteniamo fondamentale affinare uno strumento che possa agevolare tutti i soggetti (pubblico e privato) che operano nel tessuto urbano, con indicazioni in forma mirata, direttamente commisurate ai diversi gradi di potenziale archeologico.

L'occasione che si propone nel progetto è dotare l'amministrazione pubblica di uno strumento tarato sulle esigenze specifiche di un contesto urbano pluristratificato che, se adottato in allegato al piano strutturale (in fase di revisione per Pisa), faciliti l'azione di governo del territorio. Uno strumento che permetta all'amministrazione pubblica di offrire un servizio ai cittadini, fornendo ai privati indicazioni preventive al rilascio di Dia e concessioni edilizie, per facilitare una valutazione accorta della propria area di intervento, permettendo di apportare eventuali variazioni progettuali e di prevenire la sostenibilità del carico economico di un'indagine archeologica. Questo servizio produrrà un'indiretta cooperazione tra pubblico e privato nell'azione di salvaguardia del patrimonio archeologico. La città di Pisa potrà così essere il test applicativo di una nuova modalità di azione di governo del territorio; la replicabilità di attuazione del modello sulle molte realtà toscane ed italiane che presentano le stesse problematiche porrà la Toscana all'avanguardia in questo settore.

Agli standard atti a normare l'attività di registrazione delle indagini sul campo è necessario affiancare una serie di standard di good practices, relativi alle procedure informatiche da adottare per progettare, implementare e conservare l'archivio digitale. Gli standard assicurano il rispetto di vincoli relativi alle forme e ai contenuti imposti per la codifica e la normalizzazione di categorie di oggetti e attributi; le strategie digitali consentono la valorizzazione del processo di documentazione, inventariazione e classificazione, rendendolo semplice e di facile utilizzo per assicurare il futuro accesso agli archivi e la conservazione a lungo termine dei record archeologici. La creazione di standard, inoltre, facilita lo scambio di informazioni. Le strategie di preservazione dei dati si occupano dei requisiti necessari per il formato di memorizzazione e per i supporti (longevità, capacità, durata, obsolescenza, costo, predisposizione al danneggiamento), mentre le strategie di accessibilità individuano i criteri necessari per una gestione di lungo termine (valutazione, inserimento; migrazione; riposo). I dati digitali vengono realizzati per la maggior parte con *softwares* proprietari. Sebbene questa scelta possa essere discutibile, è anche vero che i *softwares* proprietari rappresentano la maggioranza dei *softwares* impiegati, e che con questi bisognerà fare i conti nella creazione di archivi digitali, mentre l'*open source* rappresenta, attualmente, la possibilità di adottare alternative possibili. Il concetto base dell'*open data*, infatti, in maniera pragmatica, non è tanto, o non solo, come i dati siano stati realizzati, quanto piuttosto che siano condivisi e messi a disposizione della comunità archeologica. Pertanto la scelta dei formati tramite i quali effettuare questo scambio di conoscenza (databases, CAD, GIS; immagini, fogli elettronici, testi, metadata) sarà fatta partendo dall'idea di raggiungere l'utenza più ampia possibile. Verranno definite le licenze (*copyright/copyleft*), per la diffusione dei dati archeologici. La pubblicazione dei dati archeografici deve, infatti, essere garantita come la pubblicazione dei dati interpretati (archeologici) e

dovrebbe essere citata come curatela divisa tra la Direzione Scientifica e chi ha raccolto e prodotto il dato archeografico, mantenendo un diritto di prelazione per un periodo limitato di tempo per la pubblicazione interpretativa (archeologica), ma lasciando liberi i dati archeografici per differenti analisi attraverso l'uso di apposite licenze. Corollario di queste nuove procedure è, da un lato, la possibilità di formare archeologi che potremmo definire della generazione 2.0, che siano all'avanguardia nel settore, ed abbiano un maggiore know how competitivo in quei settori destinati allo sviluppo della società della conoscenza, non solo in chiave Italia, ma anche in dimensione europea; dall'altro l'introduzione di parametri di verifica al processo di conoscenza archeologica, visti anche in un'ottica di promozione del progresso sperimentale in ambiti quali la conservazione e valorizzazione dei beni culturali.

3. Validità tecnica, validità economica, rilevanza e credibilità del progetto

3.1 Validità tecnica del progetto

La validità tecnica del progetto risiede prevalentemente nei suoi aspetti innovativi, dal punto di vista sia scientifico che tecnico.

Innovatività scientifica. La cartografia del potenziale archeologico – che, come si è visto nello stato dell'arte, è ancora allo stato embrionale nel panorama italiano – è già di per sé un prodotto “nuovo”, ma il valore decisamente innovativo del progetto consiste nell'automatizzare il calcolo del potenziale archeologico attraverso la redazione di un apposito algoritmo. Questo prodotto consentirà, quindi, una valutazione non solo meno soggettiva, ma, soprattutto, in grado di considerare un numero di parametri molto più vasto, che non sarebbe possibile gestire altrimenti.

La Carta di potenziale archeologico rappresenta uno strumento di maggiore competitività per lo sviluppo di una società della conoscenza, che realizza anche la possibilità di far diventare il Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Ateneo pisano leader in un ambito di sicura e forte espansione futura.

Innovatività culturale. Il progetto prevede la possibilità di accedere liberamente, attraverso la rete, alla cartografia prodotta, garantendo in questo modo anche una migliore e più consapevole fruizione e salvaguardia del patrimonio culturale. La necessità di creare archivi digitali aperti secondo un'ottica veramente open data rappresenta il futuro dell'archeologia. Il carattere innovativo di questo progetto consiste nel prospettare una soluzione che, partendo dal basso, coinvolga l'intera comunità archeologica e, come accaduto per i movimenti open, costringa a modificare abitudini e ad imporre gli standard necessari, piuttosto che aspettare un'operazione istituzionale tra gli enti preposti alla salvaguardia e alla tutela del patrimonio archeologico che definisca standard e

linee-guida che i ricercatori dovrebbero poi utilizzare.

Innovatività metodologica. L'approccio metodologico multidisciplinare che il progetto propone è già di per sé un elemento di forte innovazione. Sono infatti rari, nel panorama italiano, i casi in cui le tematiche connesse al patrimonio archeologico sepolto, e soprattutto alla ricostruzione dell'insediamento urbano storico, vedono operare insieme archeologi, geologi e matematici. La sostanziale componente di predittività intrinseca alla Carta del Potenziale Archeologico richiede infatti un approfondito lavoro di definizione concettuale dei vari elementi che intervengono nella determinazione stessa del concetto di “potenziale”.

Innovatività didattica. Il progetto prevede l'attivazione di un “Laboratorio di Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico” (LabMAPP), sede operativa aperta a tutto il team di ricerca ove saranno periodicamente promosse attività di formazione didattico-scientifica per gli studenti degli ambiti disciplinari rappresentati dai tre dipartimenti (Scienze archeologiche, Scienze della terra, Matematica), mirate a trasmettere il progresso sperimentale delle scienze e delle tecnologie acquisite nei vari step e nei diversi ambiti disciplinari, con lo scopo di creare nuovi addetti alla R&S forti di competenze complementari alle proprie discipline specifiche, applicabili alla salvaguardia e tutela del patrimonio archeologico.

Innovatività procedurale. Grande attenzione è riservata in questo progetto all'introduzione di procedure standard e protocolli. Le principali innovazioni risiedono negli standard procedurali legati alla disciplina operativa nella valutazione dell'impatto archeologico e nell'introduzione di nuovi standard per la conservazione e trasmissione del dato archeologico grezzo. Il progetto provvederà alla definizione, in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, di un protocollo operativo che permetta di razionalizzare le risorse e i tempi di intervento di un'indagine archeologica legata a lavori di natura sia pubblica che privata, divenendo uno strumento indispensabile per guidare le scelte progettuali e per agevolare tutti i soggetti che operano nel tessuto urbano, con indicazioni in forma mirata, direttamente commisurate ai diversi gradi di potenziale archeologico delle varie aree. L'obiettivo è dotare l'amministrazione pubblica di uno strumento tarato sulle esigenze specifiche di un contesto urbano pluristratificato che, se adottato in allegato al piano strutturale (in fase di revisione per Pisa), faciliti l'azione di governo del territorio. Uno strumento che permetta all'amministrazione pubblica di offrire un servizio ai cittadini, fornendo ai privati indicazioni preventive al rilascio di Dia e concessioni edilizie. Questo servizio produrrà un'indiretta cooperazione tra pubblico e privato nell'azione di salvaguardia del patrimonio archeologico. La città di Pisa potrà così essere il test applicativo di una nuova modalità di azione di governo del territorio; la replicabilità di attuazione del modello sulle molte realtà toscane ed italiane che presentano le stesse problematiche porrà la Toscana all'avanguardia in questo settore.

Innovatività tecnica. Agli standard atti a normare

l'attività di registrazione delle indagini sul campo è necessario affiancare una serie di standard di good practices, relativi alle procedure informatiche da adottare per progettare, implementare e conservare l'archivio digitale. Gli standard assicurano il rispetto di vincoli relativi alle forme e ai contenuti imposti per la codifica e la normalizzazione di categorie di oggetti e attributi; le strategie digitali consentono la valorizzazione del processo di documentazione, inventariazione e classificazione, rendendolo semplice e di facile utilizzo per assicurare il futuro accesso agli archivi e la conservazione a lungo termine dei record archeologici. La creazione di standard, inoltre, facilita lo scambio di informazioni. Le strategie di preservazione dei dati si occupano dei requisiti necessari per il formato di memorizzazione e per i supporti (longevità, capacità, durata, obsolescenza, costo, predisposizione al danneggiamento), mentre le strategie di accessibilità individuano i criteri necessari per una gestione di lungo termine (valutazione, inserimento; migrazione; riposo).

Lo studio di fattibilità del progetto nei tempi e con i costi previsti si è basato sull'analisi e sulla valutazione delle (poche) esperienze già effettuate in Italia e in Europa.

3.2 Validità scientifica

Per quanto riguarda l'approccio archeologico, la validità della Carta di potenziale è stata testata direttamente dal Dsa nel corso dell'esperienza maturata in occasione della valutazione del potenziale archeologico dell'area dell'Ospedale Santa Chiara di Pisa, effettuata per conto del Comune di Pisa (supra). Per quanto riguarda l'approccio geoarcheologico, a livello internazionale è stato già ampiamente collaudato ed impiegato nell'ambito della ricerca scientifica applicata allo studio ed alla tutela dei beni archeologici e storico-artistici.

3.3 Validità economica

Così com'è stato pensato, il progetto consentirà di sfruttare, per la realizzazione della Carta del Potenziale Archeologico, procedure e tecniche d'indagine già collaudate, riducendo i costi che altrimenti deriverebbero dalla necessità di sperimentare protocolli operativi totalmente nuovi e di incerta affidabilità.

Il progetto si propone inoltre l'obiettivo di superare la tradizionale carenza nel coordinamento fra Enti di ricerca e Enti preposti alla tutela del territorio che, com'è noto, è causa di una proliferazione nei costi degli interventi pubblici sul territorio. Creando un coordinamento tra Soprintendenze, Enti territoriali ed Enti di ricerca, la strategia preventiva che questo progetto intende mettere a punto avrà fra le ricadute una riduzione dei costi economici degli interventi nel campo dell'edilizia urbana, pubblica e privata, unitamente ad un generale incremento della loro efficacia. Inoltre, coniugando le esigenze urbanistiche con quelle di tutela ambientale, fornirà ai tecnici preposti alla pianificazione un valido supporto per mettere a

punto progetti di intervento con un alto grado di sostenibilità.

Per queste caratteristiche, il progetto ha dunque un'elevata validità economica sia diretta che indiretta. Con diretta intendiamo l'eccellente rapporto costi/benefici dei prodotti realizzati dal progetto. Con indiretta intendiamo la ricaduta economica, intesa come risparmio procurato alla collettività dall'abbattimento dei costi economici, ma anche sociali, derivanti dalla necessità di coniugare ricerca archeologica, tutela del patrimonio archeologico e sviluppo.

Ricapitoliamone sinteticamente gli aspetti salienti. L'investimento complessivo è pari a circa 800.000,00 € tra finanziamento regionale e compartecipazione dell'Ente di ricerca, che partecipa in quota di circa il 30%, a dimostrazione di un forte impegno di personale strutturato (docenti e tecnici) e strutture (laboratori e biblioteche). Il costo complessivo del progetto è dovuto alla forte componente di ricerca pura (archeologica, geologica, matematica) e quindi di *manpower* ad elevata specializzazione, e alla decisione di operare acquisti ad elevato valore tecnologico, allo scopo di dotarsi di tecnologie all'avanguardia, che permetteranno di porre l'Ente proponente in condizione di sviluppare ulteriormente il campo della ricerca. Allo stesso tempo, tale scelta consente di esternalizzare solo settori della ricerca di limitato peso economico e di scarso valore a livello di investimento.

A fronte di tale impegno finanziario i risultati attesi permetteranno di

- produrre un software non ancora esistente in campo archeologico, capace di porre il soggetto proponente e la Regione Toscana in una posizione di assoluta preminenza nell'ambito della ricerca e dello sviluppo di questo settore;
- creare uno strumento di tutela del patrimonio archeologico e di gestione e pianificazione in grado di produrre forti ricadute sull'economia e sulla gestione del territorio;
- acquistare prodotti ad elevato valore di tecnologia, che serviranno ai soggetti attuatori per proseguire le attività di ricerca e garantire l'aggiornamento e la validità del sistema anche dopo la conclusione del progetto;
- ampliare le possibilità di formazione e disseminazione con l'ampliamento di laboratori già esistenti, che daranno il via ad un nuovo laboratorio interdisciplinare (LabMAPPÀ);
- divulgare in forma democratica tutti i risultati e i prodotti attraverso la creazione di un sito web dedicato, la sua gestione e costante implementazione.

Rilevanza del progetto nell'ambito delle politiche regionali di settore. Per le sue caratteristiche intrinseche, il progetto ha rilevanza in almeno tre ambiti delle politiche regionali di settore.

a) *Formazione.* Uno degli obiettivi del progetto è formare, attraverso il Laboratorio M.A.P.P.A., studenti dei corsi Universitari e post-Laurea che, nel pieno rispetto delle proprie competenze scientifiche, siano

in grado di interagire con colleghi degli altri ambiti di ricerca e possiedano la capacità di operare nel campo della valutazione del potenziale archeologico di un territorio: è questo un settore nel quale in futuro ci sarà necessità di operatori specializzati in tutte quelle zone in cui si voglia fare della buona tutela coniugata ad una corretta pianificazione territoriale.

b) *Contenimento dei costi per la realizzazione di opere pubbliche e private.* La valutazione del potenziale archeologico di un territorio consente un proficuo e costante coordinamento fra Enti preposti alla tutela e Enti preposti alla pianificazione del territorio, producendo una consistente riduzione delle spese per qualsiasi intervento di costruzione o modifica ambientale: conoscere preventivamente i costi di un'eventuale indagine archeologica e risparmiare dannosi fermo-cantiere e modifiche in corso d'opera dei progetti faciliterà non poco i rapporti fra privati e istituzioni, nel pieno rispetto dei diritti e dei doveri di tutti.

c) *Progresso tecnologico.* L'elaborazione di uno strumento concettuale che consenta di effettuare in forma standardizzata la valutazione del potenziale archeologico costituisce un progresso nell'ambito della ricerca scientifica che potrà trovare applicazione in appositi software da collegare ai sistemi usati comunemente per la gestione dei dati territoriali.

Il progetto consente di raggiungere questi obiettivi in un quadro di sostenibilità finanziaria, giacché si avvale per la sua realizzazione di personale altamente qualificato già in forza presso l'Università di Pisa.

La rilevanza del progetto è tutt'altro che locale: prevedendo infatti la definizione di linee guida metodologiche operative tra i vari esperti dei diversi settori fa sì che il prodotto della ricerca possa essere facilmente esportato in numerose altre realtà urbane pluristratificate come Pisa, non solo in Toscana e nel resto d'Italia, ma anche in numerosissime città dell'Europa e, auspicabilmente, dei Paesi del Mediterraneo dove, come in Italia, i resti archeologici devono convivere con il progresso e lo sviluppo dei centri urbani.

4. Attitudine del progetto a creare validi rapporti di rete

Sia le fasi di realizzazione che i prodotti del progetto, consentiranno di creare una rete operativa in cui collaboreranno, ognuno secondo le proprie finalità, l'ente di ricerca (Università di Pisa), gli enti di tutela (Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana; Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana) e l'ente di governo, pianificazione e valorizzazione locale (Comune di Pisa). Questo modus operandi permetterà di portare all'interno della riflessione metodologica, alla base di tutte le fasi di lavoro, le esigenze, ma anche le diffusi problematiche di tutti i soggetti destinatari del prodotto finale. L'idea di fondo è quella di sperimentare l'efficacia della proposta anche sotto questo punto di vista: i futuri destinatari dell'esportazione del mo-

dello operativo che noi proponiamo, apparterranno, infatti, alle stesse categorie, calati in realtà territoriali diverse. Questa prospettiva potrà creare una rete di scambio, sia scientifico che tecnologico, dapprima con le altre città della Regione e poi nel più ampio contesto nazionale.

La creazione di un archivio digitale consultabile online e implementabile nel tempo, consentirà anche un continuo scambio di informazioni e dati tra mondo della ricerca, liberi professionisti che operano sul territorio ed Enti locali.

Come già ricordato, l'aspetto multidisciplinare è un carattere intrinseco al progetto. La volontà di far dialogare, intorno alle tematiche legate alla salvaguardia e valorizzazione dei Beni Culturali, discipline eterogenee e distanti – per formazione e metodologia – e solo raramente abituate ad interfacciarsi con le scienze umane, è di per sé già un importante traguardo nell'interdisciplinarietà della ricerca. Questo aspetto è evidenziato ancor di più dall'attenzione che il progetto pone verso la formazione, il cui carattere multidisciplinare ne denota la spinta verso l'eccellenza.

5. Risultato

5.1 Risultati attesi previsti nel programma dei lavori

I prodotti finali (e con tale definizione escludiamo i prodotti dei singoli WP) che il progetto MAPPA si prefigge di realizzare sono la Carta del Potenziale Archeologico dell'area urbana di Pisa, l'algoritmo di previsionalità del Potenziale Archeologico e il software ad esso collegate, cioè lo strumento che rende possibile la replicabilità dei risultati applicandolo ad altri contesti urbani, e la creazione di un archivio digitale aperto da noi definito come *open digital archaeological archive*, la cui importanza e innovazione sono stati già ampiamente esposte. All'interno della struttura del programma di lavoro intesa come work plan ed esposta nella parte 1, che in questa sede non ripeteremo, si possono distinguere quattro differenti fasi, che risultano strettamente interconnesse tra loro: una fase archeologica e geomorfologica atta a raccogliere tutti i dati necessari alla descrizione sia del contesto archeologico sia di quello geomorfologico (Wps 3, 4, 5, 6, 7); una fase matematica di studio, analisi, confronto di modelli e ricerca fondamentale per l'elaborazione dell'algoritmo di previsionalità del potenziale archeologico ed infine alla scrittura del software per la sua elaborazione (Wps 9 e 11); una fase di sintesi ed elaborazione di tutti i dati per la creazione di primi prodotti prototipali, la loro verifica sperimentale e approntamento di eventuali necessarie modifiche per il successivo licenziamento dei prodotti finiti (Wps 8 e 10); una fase di disseminazione che attraverso un percorso complesso porterà alla realizzazione dell'archivio digitale aperto "*open digital archaeological archive*" (Wps 12 e 13).

Tutte le fasi del progetto sono strutturate in modo da

conseguire una serie di risultati intermedi a garanzia della funzionalità dell'intero piano operativo e della progressione delle diverse fasi, nell'ottica di realizzazione dei prodotti ultimi entro i termini temporali previsti dal progetto.

Punti chiave sono individuati nelle quattro milestones elencate, che fissano obiettivi e scadenze precise ed allo stesso tempo funzionano come cartine di tornasole per la verifica dei diversi risultati che il progetto di prefigge di raggiungere.

La prima milestone è la definizione dei parametri di potenziale: questo step, concentrato nel Wp2 e riconosciuto come prioritario per procedere nell'evoluzione del lavoro, si sviluppa nell'analisi concettuale condivisa del significato di potenziale archeologico e nella definizione dei parametri atti a definirlo, cioè nella traduzione in componenti numeriche di tutti quegli elementi che concorrono al calcolo del potenziale archeologico in un'area urbana. Interno a questo momento è l'impostazione di tutto il successivo approccio multidisciplinare che muove il progetto e che ne determina parte della sua componente innovativa. E' attraverso questo primo confronto che vengono gettate le fondamenta sia per determinare le fasi di ricerca delle singole discipline, sia pianificare i diversi momenti di formazione e qualificazione professionale dell'equipe di ricerca e dei fruitori esterni (sia universitari che extra universitari), destinatari delle fasi di training. La contemporanea attivazione del "Laboratorio di Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico" (LabMAPP), garantirà la creazione di un luogo fisico - sede operativa del progetto - di confronto didattico/scientifico e aggiornamento continuo, trasversale e multidisciplinare; una finestra aperta ove la formazione avverrà tramite un costante e graduale trasferimento di know how dal team di ricerca ai futuri addetti alla R&S ed al personale tecnico non universitario utilizzatore finale dei prodotti del progetto.

La seconda e la terza milestones sono la creazione delle carte archeologica, geomorfologica e paleogeografica. Si consegue in questo modo il risultato di avere in un unico contenitore i dati, raccolti e analizzati, relativi alla città sotto il profilo archeologico e geologico; allo stesso tempo si raggiunge l'obiettivo di darne piena diffusione attraverso la pubblicazione in rete in forma di web-gis e di pubblicazione digitale (e-book), passaggio che consente la condivisione da parte di tutta la società civile e l'esportazione dei primi modelli metodologici e operativi proposti per un confronto aperto con la comunità scientifica nazionale e internazionale.

L'ultima milestone, la quarta, è la prima elaborazione della Carta del Potenziale sotto forma prototipale. Questa tappa sostanziale alla realizzazione dei prodotti finali, è il punto cardine di verifica di tutte le fasi di lavoro precedenti e il presupposto per il completo raggiungimento di diversi degli obiettivi generali del progetto. L'attività di verifica del prototipo, che avverrà attraverso test sperimentali e strumentali, permetterà infatti di vagliare l'effettiva validità predittiva dei modelli di potenziale archeologico elaborati. La con-

seguinte messa a punto del prodotto, abbinata alla redazione di linee guida standard di "good practices" operative, consentiranno la replicabilità dell'intero sistema in tutti i centri urbani pluristratificati con simili caratteristiche, con una ricaduta effettiva dei risultati della ricerca universitaria pubblica, sotto forma di strumenti utilizzabili, sia verso gli enti di governo del territorio, sia verso gli enti di tutela ministeriale.

Non ultime, la creazione dell'archivio digitale aperto e l'impostazione dei momenti di disseminazione in forma trasversale a tutta la durata del progetto e con diverse modalità di linguaggio comunicativo, permetteranno di centrare uno degli obiettivi prioritari del progetto: rendere accessibili tutti i dati primari provenienti dalle indagini archeologiche realizzate in città e allo stesso tempo creare un modello di archiviazione standardizzato, digitale, di massima fruibilità, che possa essere applicato a tutti i contesti urbani toscani e italiani.

L'intero progetto nasce dopo aver studiato con attenzione l'attività di ricerca nazionale e internazionale sulle tematiche in oggetto. Dopo aver registrato il gap che la ricerca italiana registra in questo campo, sono stati analizzati in modo particolare le esperienze e i modelli anglosassoni (se ne dà conto nella parte 1.1.2. "Lo stato dell'arte").

Tutto l'impianto nel quale si sviluppano le diverse fasi del progetto è stato pianificato perché ogni singolo step concorra a raggiungere parzialmente o integralmente i vari risultati che ci siamo prefissati di raggiungere e che sono illustrati negli obiettivi descritti nella parte 1. Siamo quindi convinti che un percorso di lavoro così strutturato, consentirà di allargare gli orizzonti di sviluppo e ricerca di tutte le discipline coinvolte, creando un linguaggio comune che favorisca la comunicazione e la collaborazione scientifica, attraverso un'evoluzione metodologica e competitiva dei singoli settori disciplinari; contribuirà altresì ad aprire il mondo della ricerca universitaria, troppo spesso isolato, alla società civile sia con applicazioni che miglioreranno le quotidiane pratiche di governo del territorio, sia fornendo ai cittadini nuove strumenti per la conoscenza e la salvaguardia del patrimonio archeologico, patrimonio comune.

5.2 Divulgazione dell'eccellenza, sfruttamento dei risultati, diffusione della conoscenza

Abbiamo già in precedenza evidenziato come il progetto miri a concorrere allo sviluppo dell'eccellenza sotto il profilo formativo, attraverso azioni multidisciplinari volte a qualificare sia il percorso didattico-formativo universitario, sia il percorso di aggiornamento e formazione in progress di professionisti delle singole discipline coinvolte e dei settori connessi. Queste azioni, elencate nel WP13 e già argomentate nel work-plan, saranno quindi uno dei mezzi principali per divulgare il progresso scientifico e tecnologico e i risultati che il progetto si prefigge di raggiungere.

Contestualmente riteniamo non secondaria la rifles-

sione metodologica multidisciplinare, ed in particolar modo in ambito archeologico, che crediamo potrà scaturire sia dalle fasi di lavoro intermedie, sia dai risultati finali della ricerca. Siamo infatti convinti che lo sviluppo di una vera discussione scientifica sia esso stesso una diffusione della conoscenza e uno strumento per giungere a traguardi di eccellenza. Il panorama della ricerca archeologica italiana è carente da anni di una concreta riflessione su temi metodologici, causa di un'inadeguatezza nell'affrontare e gestire molte problematiche legate alla conoscenza, alla salvaguardia e alla valorizzazione dell'immenso patrimonio archeologico nazionale. Riteniamo quindi che questo progetto possa anche "smuovere le acque" e promuovere una stagione di fruttifero confronto, al di fuori del gruppo di ricerca che lo propone.

Per questo progetto, che si configura come il primo vero progetto open data archeologico italiano, riteniamo quindi indispensabile la creazione, già nelle primissime fasi di lavoro, di un sito web dedicato come elemento essenziale al raggiungimento dell'obiettivo prefissatoci di veicolare le informazioni legate al patrimonio archeologico della città in forma estremamente fruibile e democratica.

Convinti che il dato archeologico sia un dato pubblico che può contribuire fortemente alla conoscenza e al mantenimento di una memoria storica comune, individuamo nella rete il miglior strumento di diffusione dei nostri risultati ed anche degli eventuali elementi di difficoltà e riflessione che verranno incontrati nel corso della ricerca; vi riconosciamo altresì il mezzo più veloce ed economicamente vantaggioso per raggiungere un vasto pubblico. Il piano di disseminazione e trasferimento dei risultati del nostro lavoro sarà quindi, durante tutto il periodo di lavoro, completamente veicolato dalla rete e consentirà il pieno accesso al dato primario a verifica e affidabilità del nostro fare e con l'obiettivo di creare una fonte di informazione pubblica per tutti coloro che lavorano sulle stesse problematiche. In particolar modo pensiamo alla difficoltà quotidiana degli archeologi italiani di accedere a dati di confronto per le proprie ricerche, dati che, per quanto di proprietà pubblica, rimangono secretati in archivi poco fruibili o ad esclusivo uso di coloro che li hanno raccolti, ostacolando costantemente quello che dovrebbe essere il naturale corso di sviluppo della ricerca, nonché la sua intrinseca missione.

Il sito web è anche la sede di pubblicazione delle tre *milestones* fondamentali del progetto: la Carta Archeologica, la carta di potenziale di Pisa e le norme. Carte e norme saranno accessibili mediante la creazione di web-gis appositamente predisposti e attraverso due volumi esplicativi in formato e-book scaricabili nelle modalità che verranno concordate tra l'Università di Pisa e la Regione Toscana.

La versione inglese del sito e di quanto su di esso viene disseminato, rese possibili dalla collaborazione con il Dipartimento di Anglistica e con il Centro Linguistico Interdipartimentale, sono focalizzate ad ottenere la più ampia diffusione possibile della ricerca e dei dati prodotti. La scelta di pubblicare in lingua

inglese è legata alla necessità che anche la ricerca archeologica, in special modo quella legata alle pratiche metodologiche, si apra sempre più alla comunità scientifica internazionale. I beneficiari saranno quindi la comunità scientifica nazionale ed internazionale, ma anche gli operatori del settore, davanti a tutti archeologici professionisti e enti amministrativi, e i professionisti, architetti, ingegneri, urbanisti che si trovano ad operare nella realtà urbana.

La decisione di rendere le linee guida operative disponibili sulla rete, vuole essere un'occasione di riflessione: l'archeologia come ricerca non ha obiettivi esclusivamente finalizzati alla conoscenza storica o alla valorizzazione del patrimonio, ma ricadute dirette sul mondo del lavoro e sulle decisioni programmatiche attinenti allo sviluppo delle nostre città. Tutto ciò non è stato finora ancora pienamente compreso, e crediamo che il nostro lavoro serva anche a questo.

Non ultimo crediamo che la diffusione via web della nostra ricerca e dei suoi risultati possa servire ad un pubblico più vasto: alle persone interessate o semplicemente ai curiosi, che possono trovare un nuovo strumento di conoscenza della realtà in cui vivono e lavorano, alla portata di tutti.

Ugualmente per il software prodotto, che sarà reso fruibile attraverso la rete e veicolato secondo licenze open source.

6. Questioni etiche

Il progetto si prefigura come primo progetto veramente *open data* nell'archeologia italiana: da qui discendono alcuni problemi etici, che riguardano sostanzialmente la diffusione dei dati archeologici.

Come è stato più volte sottolineato (*supra*), presso gli archeologi è assai diffusa la cattiva abitudine di considerare di proprietà privata i dati provenienti dalle indagini sul campo di cui sono responsabili o coordinatori (ma che quasi sempre sono eseguite con fondi pubblici) e di non darne comunicazione alla comunità scientifica finché non esce la pubblicazione a stampa. Purtroppo queste pubblicazioni escono spesso ad anni di distanza dall'indagine (quando escono) e in ogni caso non contengono quasi mai i dati "grezzi" provenienti dallo scavo, ma solo la loro elaborazione ai fini della formulazione di una ricostruzione storica. Questo potrebbe comportare qualche difficoltà di accesso ad alcuni dei dati archeologici che serviranno per la creazione della carta di potenziale archeologico. Nel caso specifico di Pisa questo rischio è in realtà abbastanza limitato, giacché le indagini più recenti sono state effettuate in gran parte dal gruppo di ricerca che collabora a questo progetto, che pertanto vi riverserà tutte le informazioni in suo possesso.

D'altra parte il progetto si propone come modello di un "comportamento virtuoso" che prevede un'immediata diffusione dei dati di scavo, indispensabile presupposto per la conoscenza del territorio e per la valutazione del potenziale archeologico che sono alla base della tutela e della corretta pianificazione.

Questo però non significa che non vadano rispettati i diritti di chi quei dati ha prodotto con il proprio lavoro sul campo.

Nel biennio di realizzazione del progetto, occorrerà pertanto riflettere sulla possibilità di garantire una rapida e completa circolazione delle informazioni, senza ledere le esigenze di studio e di elaborazione dei ricercatori, che devono poter formulare le loro ricostruzioni storiche nei tempi e nei modi che ritengono più opportuni.

Bibliografia

- ANICHINI F., PARIBENI E. 2005, *Il Gis Archeologico della città di Pisa. Primi risultati per la tutela e la gestione del patrimonio archeologico pisano*, in «Notiziario della Soprintendenza Archeologica per la Toscana», 1, pp. 205-210.
- BROGIOLO G.P. 2000, *Urbana, Archeologia*, in FRANCOVICH R., MANACORDA D. (ed.), *Dizionario di archeologia*, Roma-Bari, pp. 350-355.
- D'ANDREA A. 2006, *Documentazione archeologica, standard e trattamento informatico*, Budapest.
- GATTIGLIA G. 2009, *Open digital archives in archaeology a good practice*, in «Archeologia e Calcolatori», 20, Suppl.2, pp. 49-63
- GRUPPO LASER 2005, *Il sapere liberato il movimento dell'open source e la ricerca scientifica*, Milano.
- GUIDI A. 1994, *I metodi della ricerca archeologica*, Bari.
- MANNONI T. 2000, *Alcune considerazioni metodologiche*, in BROGIOLO G.P., OLCESE G. (a cura di), *Produzione ceramica in area padana tra il II secolo a.C. e il VII secolo d.C.: nuovi dati e prospettive di ricerca. Convegno internazionale di Desenzano del Garda, 8-10 aprile 1999*, Mantova, pp. 217-219.
- MOBERG C.A. 1981, *Introduzione all'archeologia*, Milano.
- PESCARINI S. 2006, *Open source in archeologia. Nuove prospettive per la ricerca*, in «Archeologia e Calcolatori», 17, pp. 137-155.

Appendice

Elenco WPs (Work Packages)

WP	Titolo
1	Project management
2	Analisi concettuale e criteri di definizione
3	Ricostruzione della paleogeografia dell'area urbana di Pisa basata su dati geo morfologici e stratigrafici
4	Il Database relazionale
5	Raccolta dati archeologici
6	Elaborazione carta archeologica
7	Raccolta dati storico cartografici
8	Elaborazione prototipo carta del potenziale archeologico
9	Ricerca algoritmo di potenziale
10	Elaborazione carta del potenziale archeologico
11	Realizzazione software di potenziale archeologico
12	Open Digital Archaeological Archive
13	Disseminazione e formazione



Quest'opera è stata rilasciata con licenza Creative Commons Attribuzione 3.0 Unported. Per leggere una copia della licenza visita il sito web <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/> o spedisci una lettera a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.