

Mappa

Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico



UNIVERSITÀ DI PISA



A cura di

Francesca Anichini, Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, Maria Letizia Gualandi

Volume I



Edizioni Nuova Cultura



MAPPA

METODOLOGIE APPLICATE ALLA PREDITTIVITÀ DEL POTENZIALE ARCHEOLOGICO

A cura di
Francesca Anichini, Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, Maria Letizia Gualandi

Volume 1



Regione Toscana



**FAS
Fondo Aree
Sottoutilizzate
2007-2013**



REPUBBLICA ITALIANA



Edizioni Nuova Cultura

4. La struttura informatica di archiviazione

Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia (DOI: 10.4458/8219-07)

La struttura informatica di archiviazione trasforma la struttura logico concettuale, descritta nel capitolo precedente, in file, relazioni, rapporti, tabelle e collegamenti, per permettere di gestire e organizzare la molteplicità di dati/informazioni, provenienti da diversi ambiti disciplinari. Per questo motivo la struttura è stata progettata e realizzata direttamente da archeologi, geologi e matematici. È stato ideato un archivio granulare, basato su una serie di dataset¹ (tabular e nontabular), gestiti tramite RDBMS, GEOdatabase o DAM², nominalmente organizzati in banche dati omogenee per tipologia. L'estrema granularità complessiva permette una continua implementazione del dato e la produzione di molteplici informazioni, riproduce il processo razionale di analisi logico-deduttiva del ricercatore, permette di trascendere le finalità stesse del progetto e quindi un riutilizzo dei dati archiviati per ulteriori obiettivi. In questo modo i singoli dataset possono essere aggregati e disaggregati in differenti e molteplici livelli informativi, in modo da consentire di volta in volta la descrizione di differenti aspetti della realtà. Dataset relativi all'archeologia del sottosuolo assieme ai dataset inerenti l'archeologia degli elevati e a quelli legati alle tracce da fotointerpretazione aerea compongono il livello informativo archeologico da noi proposto; gli stessi dataset sull'archeologia del sottosuolo, aggregati con dataset geomorfologici, potrebbero formare un livello informativo geoarcheologico; dataset dell'archeologia del sottosuolo, assieme al dataset sull'archeologia degli elevati e ai dataset sulla cartografia storica potrebbero dare vita ad un livello informativo postmedievale e così via. Il livello informativo archeologico non rappresenta, quindi, una struttura prefissata,

preordinata, ma un'aggregazione di dati, scelti per descrivere la realtà archeologica all'interno dell'area oggetto di indagine.

I principali insiemi di dataset contenuti nell'archivio informatico possono essere così riassunti:

- Dataset archeologici del sottosuolo
- Dataset da archeologia degli elevati
- Dataset da fotointerpretazione aerea
- Dataset geoarcheologici
- Dataset sedimentologici/stratigrafici
- Dataset geomorfologici
- Dataset idrografici
- Dataset topografici
- Dataset da cartografia storica
- Dataset da fonti scritte

4.1 L'RDBMS di MAPPA

Il database relazionale (RDBMS) è stato costruito secondo una struttura che riproduce e si interfaccia con la struttura generale dell'archivio e con i dati vettoriali gestiti dalla piattaforma AIS (cfr. § 4.2), basandosi su alcuni principi fondamentali:

- creare un contenitore che permetta di accatastare il maggior numero possibile di informazioni con caratteristiche anche disomogenee;
- contenere il massimo numero possibile di informazioni, per una consultazione e un'analisi che tengano conto di tutti i dati raccolti e prodotti dalla ricerca;
- avere un'architettura aperta, facilmente integrabile sia nell'implementazione del dato, sia nell'eventuale necessità di modifica della struttura;
- consentire un utilizzo diversificato a seconda del tipo di alfabetizzazione informatica dell'utente attraverso la realizzazione di un'interfaccia utente *user friendly* (ANICHINI *et alii* 2012).

¹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Dataset>.

² http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Asset_Management che contiene tutte i documenti acquisiti e archiviati si tratta di documenti testuali, grafici e fotografici.

Per la realizzazione si è scelto di utilizzare il software Access di Microsoft, sebbene si tratti di un prodotto proprietario. Per comprendere i motivi di questa scelta giova ricordare che questo progetto di ricerca rappresenta il proseguimento e l'approfondimento di un precedente progetto (ANICHINI 2004-2005; ANICHINI, PARIBENI 2005; GATTIGLIA 2010), già sviluppato in ambiente Windows, con il medesimo software proprietario, a suo tempo individuato in base ad una serie di valutazioni così sintetizzabili³:

- la compatibilità con gli altri software, in particolare con ArcGIS di ESRI;
- la compatibilità di utilizzo con gli altri enti: Dipartimenti di Scienze Archeologiche e di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana e Comune di Pisa;
- la migliore conoscenza di questo software da parte del gruppo di ricerca⁴.

4.1.1 Il database archeologico⁵

I dataset archeologici gestiti all'interno del RDBMS sono quelli relativi all'archeologia del sottosuolo, all'archeologia degli elevati e alle tracce leggibili da fotoaerointerpretazione. Questi dataset si interfacciano sia ai dati vettoriali gestiti dalla piattaforma AIS, sia alle directory appositamente strutturate nell'archivio digitale contenuto nel file server, e sono strutturati in modo da assolvere alla duplice funzione di archiviazione e analisi dei dati stessi e a quella di categorizzazione dei dati ai fini del calcolo predittivo del potenziale archeologico (BINI D. *et alii* 2011; BINI D. *et alii* 2012).

L'architettura informatica del RDBMS si basa su una serie di tabelle collegate tra loro. Le tabelle contengono i dati archiviati e i thesauri o liste-valori necessari alla compilazione guidata di de-

terminati campi. Le tabelle dati posseggono una versione *user friendly*, denominata maschera (form), che permette un più agevole inserimento dei dati e una più rapida navigazione tra le maschere stesse. Le maschere sono state raggruppate in due differenti interfacce utente: la prima, nella quale le maschere ripropongono integralmente i campi delle tabelle di archiviazione dati, è dedicata agli operatori che si occupano dell'immissione (amministratori); la seconda, nella quale le maschere si propongono soprattutto come il risultato di query, è dedicata agli utenti che consultano la banca dati.

Le tabelle, definite thesauri, hanno caratteristiche di ausiliarità e sono utilizzate dal RDBMS per standardizzare il linguaggio utilizzato. Normalizzare il linguaggio di un database, soprattutto per quanto riguarda i campi di sintesi, costituisce un requisito fondamentale per la fruibilità dei dati. Un linguaggio non controllato, infatti, comporta inefficienze che possono anche determinare la completa inutilizzabilità dei dati raccolti. Dalla chiarezza formale e dalla completezza di questi strumenti dipende in gran parte la leggibilità e l'interpretabilità di una base di dati. In sostanza si tratta, insieme alla progettazione dell'architettura relazionale, dello sforzo maggiore nella costruzione di un database efficiente (FRONZA 2005: 415). I thesauri sono stati distinti in:

- thesauri chiusi, con valori non modificabili dal ricercatore, riferiti a vocabolari per i quali l'elaborazione del linguaggio ha raggiunto livelli di completezza molto elevati, come quello utilizzato per normare i macroperiodi cronologici. In alcuni casi contengono anche il valore *altro* per consentire all'operatore di ovviare all'eventuale mancanza di voci.

³ La discriminante nella valutazione del software migliore con il quale realizzare il DBMS risiede nella capacità di gestire la complessità dell'archivio e nella sua compatibilità con le applicazioni con cui dovrà dialogare (GABUCCI 2005: 32).

⁴ Si è preferito sviluppare il progetto con il software che già il maggior numero dei componenti dell'equipe di ricerca era in grado di utilizzare agevolmente nell'ottica dell'ottimizzazione dei tempi di sviluppo e implementazione del DBMS in relazione al principale obiettivo della ricerca e al serrato cronoprogramma del progetto. Il trasferimento del RDBMS su una piattaforma open-source è comunque compreso tra le attività secondarie di lungo periodo del progetto.

⁵ Per una analisi esaustiva si veda (ANICHINI *et alii* 2012).

- thesauri aperti, che non applicano un controllo restrittivo sul linguaggio e permettono all'operatore di superare il vincolo imposto, aggiornandosi automaticamente durante l'immissione dei dati. Questi sono stati adottati per quei campi per i quali non è possibile, allo stato attuale, stabilire un insieme univoco di valori (quasi sempre per mancanza di una casistica completa). Questo tipo di vocabolari sono destinati a trasformarsi gradualmente in liste chiuse con la crescita di affidabilità del campione (FRONZA 2005: 416). Un altro ambito di impiego dei thesauri aperti riguarda i dati la cui natura difficilmente si presta all'adozione di liste chiuse, come ad esempio il campo che contiene i nomi dei direttori scientifici o degli esecutori di un'indagine.

I thesauri possono essere utilizzati singolarmente o gerarchizzati in più livelli a formare un'ontologia, come nel caso della categorizzazione delle tracce antropiche e naturali (cfr. § 4.4 e Tabella 1 Appendice).

4.1.1.1 La tabella Scheda di intervento

Partendo dall'idea di considerare l'intervento archeologico come minimo comune denominatore (cfr. § 3.3), cioè come unità minima di riferimento per la gestione topografica del dato archeologico sepolto, è stata predisposta una scheda che ne evidenziasse i tratti e le informazioni essenziali, individuando le caratteristiche principali, la tipologia e l'inquadramento cronologico dei ritrovamenti, nonché la fonte d'informazione. Il principio guida della scheda di intervento è stato fornire all'utente del sistema un elemento informativo che non prevedesse un grado di sintesi troppo elevato, ma consentisse di ottenere dati specifici ed eventuali possibilità di approfondimento, garantendo un rimando alla documentazione specifica nelle forme presenti (dal minore al maggiore dettaglio).

La tabella contiene:

- dati "topografici e tecnici" relativi all'intervento: parametri per la collocazione topografica, tipologia e modalità di effettuazione, nomi degli esecutori e dei responsabili scientifici, cronologia;

- dati "cronologici" riferiti a periodi di ampio respiro: preistoria, età protostorica, età etrusca, età romana, età tardo antica⁶, alto medioevo, bassomedioevo, età moderna, età contemporanea, non identificati;
- dati inerenti il materiale documentario relativo all'intervento. Nel caso di interventi stratigrafici, in questa sezione è indicata esclusivamente la presenza o assenza delle diverse tipologie di documentazione (compilativa, grafica, fotografica), che vengono esplicitate separatamente nella Scheda di Collocazioni (cfr. § 4.1.1.2);
- dati relativi alla "Fonte di informazione" primaria utilizzata per la compilazione, intesa come quella che fornisce il maggior numero di informazioni. Le fonti possono essere archivistiche (*Firenze - SBAT, Pisa - SBAPSAE, Pisa - Università, Pisa Archivio di Stato - ASP; Pisa Archivio Opera Primaziale*) e ad esse è sempre riferito il relativo numero di protocollo, il tipo di documento presente e il nome del funzionario competente, o bibliografiche. Possono essere presenti entrambe, se complementari;
- dati redazionali che indicano sia la data sia l'autore/i della schedatura.

4.1.1.2 Le tabelle correlate alla tabella Scheda di intervento

La tabella Scheda di intervento è correlata ad altre 5 tabelle che trattano nello specifico alcuni set di informazioni: georeferenziazione, descrizione, collocazioni, bibliografia, riferimento documentario.

La tabella **Scheda di georeferenziazione** rileva i dati legati all'attendibilità e al grado di precisione della georeferenziazione vettoriale, nonché la base e la scala alla quale è stato eseguito il rilievo.

La tabella **Descrizione sintetica** riporta, in maniera sintetica, la tipologia e la cronologia dei ritrovamenti inerenti ogni singolo intervento, frutto dell'elaborazione del ricercatore sulla base dei dati (primari/grezzi o interpretati) a disposizione. Il suo carattere maggiormente interpretativo ne ha consigliata una divisione dalla Scheda di intervento a cui è direttamente collegata.

⁶ Da intendersi come età "romana-tardo antica".

La tabella **Collocazioni** collega tutta la documentazione esistente sia all'interno, sia all'esterno del database, sia in formato digitale, sia analogico, segnalando la collocazione fisica della documentazione stessa e dei reperti. Comprende la documentazione compilativa, grafica, fotografica e le informazioni relative ai reperti mobili.

La tabella **Bibliografia** fornisce la schedatura della bibliografia correlata all'intervento in oggetto, permettendo un eventuale approfondimento conoscitivo oltre la fonte d'informazione principale utilizzata per l'archiviazione.

La tabella **Scheda di Riferimento documentario** integra il link al documento principale utilizzato per l'archiviazione e l'informatizzazione del testo integrale del documento, permettendo un confronto diretto tra i dati sintetizzati e la fonte originale.

4.1.1.3 La documentazione di scavo

IL RDBMS contiene anche la versione digitale della documentazione di scavo. In queste tabelle viene riprodotto fedelmente il record archeologico che descrive progressivamente la sequenza stratigrafica di uno scavo. L'archivio è articolato in:

- tabelle relative alle suddivisioni cronologiche ed interpretative dello scavo (Periodo, Fase, Attività);
- tabelle relative ai dati stratigrafici (US/USM);
- tabelle relative ai reperti.

La tabella **Scheda US** contiene quasi tutte le voci della scheda cartacea ministeriale di Unità Stratigrafica, fatta eccezione per i dati sui reperti che vengono ricavati con una query di riepilogo tra la tabella **Scheda US** e la tabella **Quantificazioni**⁷. Sono state aggiunte le voci "Sottotipo" e "Interpretazione sintetica", utili per effettuare ricerche

all'interno di tutto l'archivio con un campo comune standardizzato sia nella definizione della fonte materiale, sia nella definizione interpretata; entrambi i campi sono collegati a thesauri aperti, mentre i campi "criteri di distinzione", "modo di formazione", "consistenza", "stato di conservazione" sono ricondotti a thesauri chiusi⁸ (ANICHINI *et alii* 2012: 9ss). La tabella **Scheda US** è l'elemento necessario per il collegamento con le piante di US di ogni scavo in ambiente GIS.

Alla tabella **Scheda US** sono direttamente collegate le tabelle **Attività, Fase, Periodo, Quantificazione**. Queste permettono una breve descrizione, una definizione sintetica e la datazione, sono in relazione tra loro e con le singole US che le compongono. Non è stato inserito alcun campo standardizzato di sintesi, ritenendo improduttivo fare uno sforzo a questo livello del processo interpretativo, dove le definizioni sono strettamente circoscritte al contesto del ritrovamento e possono avere una casistica molto ampia. I termini di comparazione sono quelli di carattere cronologico che possono essere analizzati attraverso la ricerca numerica nei campi di datazione.

La tabella **Scheda di quantificazione** è stata pensata per contenere la quantificazione dei materiali ceramici rinvenuti nelle singole Unità Stratigrafiche. Il campo principale è la classe, a cui si aggiungono i campi "funzione, produzione, forma, decoro, datazione iniziale, datazione finale". La maschera della tabella di quantificazione è collegata alla maschera **Datazione US**, che consente di effettuare una datazione automatica dell'Unità stratigrafica in base alle datazioni delle classi di materiali presenti; tale datazione, non vincolante, viene proposta dal sistema al controllo dell'operatore, che decide se accettare o modificare la datazione proposta.

⁷ All'interno della scheda è stata inserita la possibilità di compilare direttamente i campi corrispondenti alle voci della scheda di USM. Non esistendo ad oggi, se non solo parzialmente (<http://www.iccd.beniculturali.it/index.php?it/251/beni-archeologici>) una scheda codificata ministeriale per registrare questo tipo di evidenze – lettura stratigrafica degli elevati – stiamo lavorando, insieme a Mara Febbraro e Fabiana Susini, professionisti specializzati in questo settore interni all'equipe di ricerca del progetto, alla redazione di un modello di campi ed ai thesaurus collegati.

⁸ Per tutti i campi della Scheda per i quali non sono apportate specifiche modifiche, che non siano le indicazioni di carattere prettamente informatico, si rimanda alle indicazioni fornite dall'ICCD per la compilazione della scheda US <http://www.iccd.beniculturali.it/index.php?it/251/beni-archeologici>.

4.1.1.4 Archeologia degli elevati

Per schedare i dati dell'archeologia degli elevati⁹ si è partiti dalla descrizione dei dati della città attuale. Ogni edificio è stato così inserito in una tabella definita **Scheda UAU** (Unità Architettonica Urbana), nella quale vengono archiviati i dati inerenti al nome dell'edificio, alla sua funzione attuale, alla tipologia edilizia, alla cronologia iniziale e finale, alla prima attestazione e ai documenti e/o alla bibliografia relativa all'unità. La Scheda UAU è in relazione alle tabelle **Scheda CA** (Complesso Architettonico) e **Scheda CF** (Corpo di Fabbrica). La prima comprende i campi inerenti nome dell'edificio, funzione, tipologia edilizia, cronologia iniziale e finale e descrizione del complesso, la seconda descrive funzione, tipologia edilizia, cronologia iniziale e finale. Entrambe sono in relazione con le tabelle **Scheda Prospetto** e **Scheda Fasi elevati**. La prima sinteticamente riporta orientamento e link alla documentazione grafica e fotografica, la seconda descrive in maniera particolareggiata ogni singola fase edilizia leggibile, attraverso i campi relativi ai materiali costruttivi, alla posa in opera, alle tecniche di lavorazione, alla cronologia, alla descrizione delle mensole di sostegno, delle buche pontate, dei forni, dei portali e delle finestre. È, infine, possibile scendere fino al livello di singola USM, collegandosi alla tabella **Scheda US**.

4.1.1.5 Le tracce da foto interpretazione aerea

La descrizione di ogni singola traccia individuata dalla lettura delle fotografie aeree (cfr. § 9.1) è stata archiviata nella tabella **Scheda di traccia**¹⁰ sui seguenti campi:

- traccia, campo testo, a compilazione libera che individua l'identificativo univoco di ogni singola traccia;
- fotogramma, campo testo, a compilazione libera con l'identificativo del fotogramma/i nel

quale /i compare la traccia;

- link, collegamento ipertestuale al fotogramma presente all'interno dell'archivio digitale;
- ente, campo testo a compilazione libera;
- reperibilità, campo testo a compilazione libera;
- rep_n_inv, campo testo a compilazione libera;
- rep_n_neg, campo testo a compilazione libera;
- volo, campo testo a compilazione libera;
- data, capo data/ora, con la data di esecuzione del volo;
- quota volo, campo numerico, che riporta la quota alla quale è stata eseguita la ripresa aerofotografica;
- focale, campo testo, collegato al **thesaurus focale**, che esprime sia in pollici (4 Pollici, 6 Pollici, 12 Pollici, 24 Pollici, 40 Pollici), sia in millimetri (101,6 mm, 152,4 mm, 153,11 mm, 153,34 mm, 154,17 mm, 304,8 mm, 305,38 mm, 609,6 mm) la focale dell'obiettivo di ripresa;
- scala, campo testo a compilazione libera;
- definizione, campo testo, collegato al **thesaurus definizione traccia** composto dalle seguenti voci: *Aggere, Ambiente, Area, Asse centuriale, Bastione, Canale, Edificio, Ferrovia in disuso, Foro, Fossato, Macera, Mura difensive, Parcelizzazione agraria, Percorso, Saggio di scavo, Scavo clandestino, Strada, Struttura muraria, Traccia generica, Traccia non definita, Tumulo*;
- tipo di traccia, campo testo, collegato al **thesaurus tipo traccia** composto dalle seguenti voci: *Anomalia, Microrilievo, Sopravvivenza, Umidità, Vegetazione*;
- descrizione, campo testo a compilazione libera, che consente una breve descrizione dell'anomalia individuata;
- interpretazione, campo testo a compilazione libera;
- note, campo testo a compilazione libera;
- riscontro sul terreno, campo testo a compilazione guidata, composto dalle voci: *si, no*;

⁹ Il lavoro sull'archeologia degli elevati è stato effettuato ad hoc per le esigenze del progetto ed è consistito in una schedatura analitica su tutto il territorio preso in esame. Il sistema di schedatura è stato progettato con Mara Febbraro e Fabiana Susini che si sono occupate dello studio degli elevati. L'analisi dettagliata di questo lavoro, assieme alla presentazione dei dati, sarà oggetto di una prossima pubblicazione.

¹⁰ La scheda, che viene descritta in maniera esauriente in questa sede, è stata realizzata da Giorgio F. Pocobelli che si è occupato della lettura delle fotografie aeree all'interno del Progetto MAPPA.

- schedatore, campo testo a compilazione libera, che riporta il nome di chi ha curato la scheda.

4.1.1.6 *Dai dati alle informazioni: la sintesi interpretativa*

Tutte i tipi di dati devono essere trasformati in informazioni sintetizzate e categorizzate all'interno di un sistema ontologico, che permetta di descrivere il territorio urbano e periurbano dal punto di vista delle tracce sia antropiche, sia ambientali, facendo dialogare tra loro le differenti fonti (archeologiche, documentarie, cartografiche, geologiche, geomorfologiche, ecc.) dalle quali vengono inferite. Il principio di un approfondimento progressivo del dettaglio informativo acquisibile dal sistema si sviluppa, quindi, nella tabella **Scheda di sintesi interpretativa** (basata su tre livelli ontologici), valida per tutte le tipologie di fonti, e, nel caso dell'archeologia del sottosuolo, nella tabella **Scheda di IV livello**, che individua la tipologia e la qualità del ritrovamento¹¹. Sempre nel caso dell'archeologia del sottosuolo, la prima (**Scheda di sintesi interpretativa**) è correlata alla tabella **Scheda di intervento**, la seconda direttamente connessa alla prima. Entrambe sono funzionali a creare un contesto comune, attraverso il quale poter confrontare dati provenienti da tipologie di documentazione differenti secondo lo schema logico descritto al § 3.3. In pratica, ogni ritrovamento registrato all'interno di un intervento viene descritto passando da quattro livelli di definizione standardizzata, che dettagliano le informazioni sia cronologiche, sia tipologico-qualitative.

4.1.1.6.1 *La Scheda di sintesi interpretativa*

La tabella **Scheda di sintesi interpretativa** raggruppa le definizioni di **III, II e I livello** (cfr. § 4.4). Se nella definizione di quarto livello il pro-

cesso interpretativo del ricercatore si limita a descrivere con un termine univoco tutte le caratteristiche tipologico-qualitative del ritrovamento, nei successivi tre livelli di sintesi esso diventa parte sostanziale della descrizione del dato e delle sue relazioni con lo spazio. Progressivamente, attraverso un processo ontologico, si definiscono le caratteristiche tipologico-funzionali (III livello) e il ruolo, in termini di vocazione, assunto da un determinato record in rapporto allo spazio, sia su scala locale che urbana (livelli II e I).

I campi (Livello I, II e III) sono campi 'testo' a scelta guidata. Ogni campo è collegato a una propria tabella thesaurus che, fatta eccezione per il I Livello, è condizionata nelle opzioni di scelta dal termine apposto nel campo del livello precedente¹².

Come nella **Scheda di IV livello**, anche qui viene inserito il periodo di riferimento con l'indicazione di un range cronologico tra "Datazione iniziale" e "Datazione finale". Entrambi i campi sono espressi sia in forma testuale, con la possibilità di scelta dei sotto-periodi (campo testo, collegato con la tabella **thesaurus cronologia** che elenca i diversi sotto-periodi), sia in forma numerica (campo numerico, a compilazione libera).

4.1.1.6.2 *La gestione della cronologia*

In questo quadro, la gestione dei dati cronologici rappresenta un fattore di primaria importanza per consentire l'interoperabilità delle informazioni, che in origine non solo risultano eterogenee da un punto di vista del metodo di acquisizione e della qualità, ma anche difformi nella definizione cronologica. Non è sempre possibile, infatti, ricontrollare, alla luce delle nuove conoscenze, le datazioni attribuite, che dobbiamo accettare quindi con un certo margine di dubbio;

¹¹ Questo potrebbe essere avvicinato al livello di sintesi che porta all'individuazione delle attività e/o dei gruppi di attività nello studio delle sequenze stratigrafiche. L'aver operato con una mole di dati eterogenei ha portato alla creazione di questo passaggio intermedio che permettesse il primo step verso una confrontabilità dei dati archeologici, che avviene però, in maniera completa solo al livello di sintesi superiore.

¹² Per il campo "Livello II" la scelta delle voci possibili è riferita esclusivamente a quelle comprese nella definizione scelta nel Livello I. Per il campo "Livello III", i termini disponibili sono all'interno di thesauri aperti condizionati dalla voce scelta nel Livello II. Il principio è quello che ogni livello è una specifica del precedente, letto dal I al III, o una sintesi, letto dal III al I.

anche dati raccolti in tempi recenti presentano talvolta un margine di incertezza dovuto alla particolarità dei contesti o, più in generale, allo stato della ricerca. Per la gestione di queste informazioni si è scelto di utilizzare un sistema semplice, basato sull'intervallo cronologico, definito da due diversi campi numerici denominati "cronologia finale" e "cronologia iniziale", nei quali inserire la datazione assoluta¹³. Si è scelto di datare i secoli con inizio nell'anno 1 e con fine nel successivo anno 100¹⁴. Il recupero dei dati avviene grazie ad una query effettuata su entrambi i dati numerici, in modo da definire un intervallo. La scansione numerica è stata affiancata anche da una più generica cronologia espressa in forma testuale, per consentire ricerche semplificate: i macro-periodi, già descritti nella scheda di intervento, sono scanditi in sotto-periodi attraverso il campo "Cronologia", a scelta guidata, collegato alla tabella **Thesaurus Cronologia**¹⁵, composto dalle seguenti voci: *preistoria, paleolitico, paleolitico inferiore, paleolitico medio, paleolitico superiore, mesolitico, neolitico, neolitico antico, neolitico evoluto, neolitico recente, eneolitico, eneolitico iniziale, eneolitico maturo, bronzo, bronzo antico, bronzo medio, bronzo recente, bronzo finale, ferro, I ferro, II ferro, etrusca, etrusca orientalizzante, etrusca arcaica, etrusca classica, etru-*

sca ellenistica, romana, romana medio-repubblicana, romana tardo-repubblicana, romana età imperiale, romana prima età imperiale, romana seconda età imperiale, romana tardoantica, altomedioevo, altomedioevo VII-VIII secolo, altomedioevo IX-X secolo, bassomedioevo, bassomedioevo XI-XIII secolo, bassomedioevo XIV-XV secolo, età moderna, età moderna XVI secolo, età moderna XVII secolo, età moderna XVIII secolo, età contemporanea, età contemporanea XIX secolo, età contemporanea XX secolo, non determinabile.

Il thesaurus propone una suddivisione standard, in cui è sempre possibile inserire una voce più generica (coincidente con la stessa definizione del macro-periodo, ad es: romano, etrusco, età moderna, ecc.) nei casi in cui le informazioni non consentano una maggiore specifica. Laddove possibile, i sotto-periodi sono specificati con range cronologici espressi in secoli (es: età moderna XVII secolo); per gli altri periodi sono elencate le denominazioni in uso nei diversi ambiti culturali (ad es: seconda età del Ferro, etrusca, ellenistica)¹⁶, pur utilizzando quelli specifici per l'area oggetto di studio (ad es: non si utilizzerà II età del Ferro, ma etrusca ellenistica). Il campo numerico permette ovviamente di ovviare a tale problematica e rendere tutti i dati immediatamente raffrontabili.

¹³ Secondo alcuni il problema dell'eterogeneità e dell'incertezza del dato cronologico risulta particolarmente evidentemente nell'accuratezza e nella precisione delle informazioni archeologiche inserite nei GIS, tanto che le incertezze derivanti da una cronologia imprecisa impongono la necessità di incorporare questo livello di indecisione all'interno dell'architettura stessa dei dati (HARRIS, LOCK 1995).

¹⁴ Per le cronologie avanti Cristo, i numeri sono preceduti dal segno meno (-).

¹⁵ Questo thesaurus è stato ripreso con modifiche dalle Linee Guida per la Redazione della Carta Archeologica della Toscana (FRANCOVICH, PELLICANÒ, PASQUINUCCI 2001: 195) e da (ANICHINI 2004-2005).

¹⁶ L'età ellenistica si colloca generalmente tra il 323 a.C., morte di Alessandro Magno, e il 31 a.C., con la battaglia in cui ad Azio Ottaviano sconfigge Antonio e Cleopatra e dà avvio ad un nuovo corso politico, per quanto Pisa entri nell'orbita romana già nel corso del III secolo a.C., è solo con la municipalizzazione seguita alla guerra sociale (89 a.C.) che il centro riceve la cittadinanza romana. Da questa data, dunque, per Pisa sembra corretto non parlare più di età ellenistica, ma di tarda età repubblicana (non utilizzando di fatto anche la definizione *romana medio-repubblicana*). Abbiamo deciso di estendere questa fino al 28 a.C., poiché dall'anno successivo Ottaviano riceve il titolo di Augusto, dando avvio al Principato. La prima età imperiale coincide con l'età giulio-claudia, fino 68 d.C., con la morte di Nerone, mentre la media età imperiale si colloca tra il 69 e il 192 d.C., con la morte di Commodo. Sotto questo imperatore arrivano a conclusione quelle complesse trasformazioni economiche che avevano spostato l'asse produttivo prima dalla penisola italiana alla Gallia e alla Spagna, e quindi definitivamente all'Africa. Dal 193 d.C. ha dunque avvio la tarda età imperiale o età tardoantica, che si conclude con l'arrivo dei Longobardi. La data precisa della conquista longobarda di Pisa appare incerta, per cui abbiamo deciso di fissare arbitrariamente la conclusione di tale periodo nel 600 d.C.

4.1.1.6.3 Valutazione dell'affidabilità della categorizzazione di un record¹⁷

Schede compilative			Documentazione fotografica			Documentazione grafica		
Sondaggi geognostici	Ricerche di superficie	Scavi	Sondaggi geognostici	Ricerche di superficie	Scavi	Sondaggi geognostici	Ricerche di superficie	Scavi
Assenti	Assenti	Assenti	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Descrizione delle US individuate	Schede di UT	Elenco e qualche scheda	Foto delle carote	Foto dei terreni	Qualche foto	Disegno sezioni delle carote	Cartografia e delimitazione degli areali individuati	Qualche pianta
		Tutte le schede			Foto di ogni US			Tutti i rilievi

Tabella 4.1 Tabella riepilogativa del metodo di validazione della documentazione al fine di determinare l'affidabilità della categorizzazione (elaborazione grafica C. Sciuto).

Il processo di sintesi sviluppato nei quattro livelli descritti trasforma l'informazione archeologica primaria in categorie standardizzate, che andranno a concorrere direttamente al calcolo del potenziale archeologico. Il percorso è quindi particolarmente delicato, perché incide direttamente sulle analisi e le considerazioni storico-archeologiche e matematiche che consentiranno di giungere al prodotto finale del progetto. Abbiamo sottolineato più volte in questo contributo come le difficoltà rappresentate dalla disomogeneità, dalla carenza e dalle lacune registrate nelle fonti abbiano necessariamente condizionato tale processo. Pur avendo studiato un sistema di archiviazione che cerca di attutire quanto più possibile tali problematiche, si è ritenuto indispensabile inserire un campo che permetta di valutare, con parametri chiari, l'affidabilità complessiva della categorizzazione di un dato. Individuando nella fonte, intesa come documentazione archeografica dell'intervento, il punto nodale di questa riflessione, è stata elaborata una tabella per la valutazione della documen-

tazione di ogni intervento. Il punto di partenza è dato dall'assunto che a una maggiore quantità di documentazione corrisponda una maggiore affidabilità dell'informazione; una documentazione completa permette infatti una migliore verifica e comprensione del dato grezzo, nonché una maggiore affidabilità della sua categorizzazione. Per quanto non fosse nostro obiettivo giungere a una valutazione qualitativa della documentazione (in assenza di standard riconosciuti che definiscano esattamente che cosa debba contenere, ma soprattutto con quali criteri debba essere redatta una documentazione 'di qualità'), si è reso necessario affiancare un parametro di questo tipo a quello prettamente quantitativo: si tratta di una tabella di calcolo che permette di ottenere un punteggio per ogni intervento, secondo una serie di semplici passaggi preventivamente definiti, in modo che i parametri di giudizio degli operatori siano il più possibile codificati e oggettivi. I principali campi di interrelazione sono la tipologia dell'intervento e la tipologia della documentazione.

¹⁷ Si ringrazia per le riflessioni condivise su questa problematica e per la stesura di un primo report, base di riferimento di questo paragrafo, i collaboratori del progetto: Antonio Campus, Lorenza La Rosa, Claudia Sciuto e Giulio Tarantino.

Relazione			Analisi reperti			Matrix		
Sondaggi geognostici	Ricerche di superficie	Scavi	Sondaggi geognostici	Ricerche di superficie	Scavi	Sondaggi geognostici	Ricerche di superficie	Scavi
Assente	Assente	Assente	Assenti	Assenti	Assenti			Assente
Relazione generale	Relazione generale	Relazione dell'intervento	Materiali studiati	Qualche informazione sui materiali	Qualche informazione sui materiali			
Relazione completa	Relazione completa	Relazione della sequenza		Foto/disegni di ogni contesto e quantificazioni	Foto/disegni di ogni contesto e quantificazioni			Presente

Le diverse tipologie di intervento sono state raggruppate in tre macro categorie sulla base del tipo di documentazione e di potenziale informativo prodotti:

- 1) *Sondaggi geognostici*: carotaggi;
- 2) *Ricerche di superficie*: ricognizioni di superficie, sondaggi geofisici;
- 3) *Scavi*: scavi stratigrafici (di tutte le tipologie), assistenze, sbancamenti, trincee, ecc.

Contemporaneamente sono state individuate le diverse tipologie di documentazione che, secondo gli 'standard' (più o meno riconosciuti, ma comunque indicati dall'ICCD), devono essere prodotte per ogni intervento, raggruppando anche in questo caso le informazioni in categorie che consentano di inserire documenti acquisiti o redatti con metodologie differenti:

- 1) *Schede compilative*
- 2) *Documentazione fotografica*
- 3) *Documentazione grafica*
- 4) *Relazione*
- 5) *Analisi dei reperti*
- 6) *Matrix*.

Ogni categoria di documentazione viene interpolata con le tre macro categorie di tipologia di intervento e per ogni interpolazione vengono

definiti tre gradi di accuratezza e completezza di redazione della documentazione corrispondente. I tre gradi corrispondono rispettivamente a:

- primo grado: assenza di documentazione, valore uguale a 0;
- secondo grado: intermedio, valore uguale a 1;
- terzo grado: massimo grado informativo, valore uguale a 2.

La somma di tutti i punteggi acquisiti per ogni categoria di documentazione dà origine a un valore complessivo di affidabilità dell'informazione del record archeologico.

Di seguito sono illustrati i parametri utilizzati per la valutazione delle tipologie di intervento in ogni categoria di documentazione. Per la natura stessa della tipologia di intervento al quale si riferiscono, alcuni interventi non possono conseguire il massimo grado informativo (grado III) in determinate categorie di documentazione. In questi casi si è stabilito che il grado intermedio corrisponde al massimo del potenziale informativo che può essere ricavato e documentato da quell'intervento.

La presenza del terzo livello comprende automaticamente le voci del secondo livello.

Documentazione compilativa

Sondaggi geognostici:

I grado: non esiste nessun tipo di schedatura delle US riconosciute nella carota.

II grado: individuazione delle US individuate nella carota, con descrizione delle caratteristiche salienti.

Ricerche di superficie:

I grado: non esiste nessun tipo di schedatura delle evidenze.

II grado: compilazione delle schede UT.

Scavi:

I grado: assenza delle schede US.

II grado: è presente l'elenco US completo, qualche scheda US è stata compilata, oppure la maggioranza delle schede US sono state compilate, ma in modo incompleto.

III grado: la totalità o la quasi totalità delle schede US sono state compilate, almeno nei campi fondamentali (anagrafica e rapporti), secondo le indicazioni dell'ICCD.

Documentazione fotografica

Sondaggi geognostici:

I grado: non esistono fotografie della carota.

II grado: foto generali (area di intervento, cassette) e foto della sequenza stratigrafica individuata nella carota.

Ricerche di superficie:

I grado: non esistono fotografie.

II grado: fotografie dei terreni ricogniti o di qualche evidenza particolare individuata, con denominazione delle UT presenti e adeguati riferimenti.

Scavi:

I grado: non esistono fotografie.

II grado: fotografie generali, fotografie sporadiche solo di qualche evidenza, senza documentazione delle US, foto non leggibili (sfuocate o con cattiva illuminazione), foto senza riferimenti metrici e orientamento.

III grado: fotografie di tutte le US e di eventuali elementi particolari, foto completamente leggibili (a buona definizione), con riferimenti metrici e orientamento corretti.

Documentazione grafica

Sondaggi geognostici:

I grado: non esiste alcun tipo di documentazione

grafica della carota.

II grado: resa grafica della sezione stratigrafica (LOG), con indicazione e caratterizzazione delle US riconosciute.

Ricerche di superficie:

I grado: non esiste alcun tipo di documentazione grafica.

II grado: cartografia di riferimento e delimitazione degli areali riconosciuti (UT).

Scavi:

I grado: non è stata realizzata alcuna documentazione grafica oppure sono presenti solo schizzi a mano libera; le piante non hanno alcun tipo di riferimento (caposaldo) per essere agganciate all'area di scavo e tra loro.

II grado: sono presenti alcune piante composite o di fase, dove non sono riconoscibili i limiti delle singole US, non sono riportate le quote o lo sono in modo insufficiente.

III grado: sono presenti le planimetrie di tutte le US con quotatura corretta (quote assolute o quote relative a punto 0 noto) e i capisaldi di riferimento.

Relazione

Sondaggi geognostici:

I grado: non esiste alcuna relazione.

II grado: esiste una relazione generale che riassume esclusivamente l'interpretazione dell'evidenza riscontrata, senza riferimento e descrizione del dato grezzo.

III grado: relazione completa con descrizione della sequenza stratigrafica e delle singole US.

Ricerche di superficie:

I grado: non esiste alcuna relazione.

II grado: esiste una relazione generale che riassume esclusivamente l'interpretazione dell'evidenza riscontrata senza riferimento e descrizione del dato grezzo.

III grado: relazione completa con descrizione del dato primario.

Scavi:

I grado: non esiste alcuna relazione.

II grado: relazione non periodizzata, senza descrizione della fonte materiale, diario di scavo o relazione illeggibile (sintassi errata).

III grado: relazione completa che fa riferimento con precisione al dato grezzo, periodizzata.

Analisi dei reperti

Sondaggi geognostici:

I grado: i materiali non sono stati analizzati.

II grado: gli eventuali materiali rinvenuti nella carota sono stati lavati, catalogati e studiati.

Ricerche di superficie:

I grado: i materiali non sono stati analizzati.

II grado: esistono solo alcune informazioni sui materiali rinvenuti, con documentazione parziale (solo alcune fotografie o disegni o tabelle di quantificazione).

III grado: materiali lavati/sigliati, fotografie di ogni contesto, eventuali disegni, tabelle di quantificazione.

Scavi:

I grado: assenza di disegni, fotografie e tabelle di quantificazione.

II grado: esistono solo alcune informazioni sui materiali rinvenuti con documentazione parziale (solo alcune fotografie o disegni o tabelle di quantificazione).

III grado: materiali lavati/sigliati, fotografie di ogni contesto, eventuali disegni, tabelle di quantificazione.

Matrix

Scavi:

I grado: non realizzato o illeggibile.

II grado: presente e realizzato secondo convenzioni condivise dalla comunità scientifica¹⁸.

4.1.1.6.3.1 Le profondità

Il dato relativo alla quota di un determinato ritrovamento risulta fondamentale per la realizzazione dei piani quotati altimetrici di periodo. Com'è stato, però, già accennato, i dati sulla profondità riportati nelle varie documentazioni sono in maggioranza relativi, riferiti a generici piani di campagna o altrettanto generici punti 0 relativi, e solo in rarissimi casi assoluti. È stato quindi necessario verificare i dati altimetrici presenti e riferirli al livello del mare. I dati ottenuti risentono però della maggiore o minore genericità del rife-

rimento scelto. Pertanto non tutti i dati hanno uguale attendibilità. Per questo si è deciso di affiancare i dati sulla profondità a un controllo della loro affidabilità, gestito attraverso una triplice scala di valori: *esatta*, *calcolata: affidabilità buona*, *calcolata affidabilità scarsa*.

Il processo di assolutizzazione delle quote è avvenuto in ambiente GIS, rapportando le quote relative al modello tridimensionale del terreno attuale elaborato da LiDAR e sottraendo il valore relativo presente nella documentazione. A seconda della precisione di ubicazione dello 0 relativo, è stato attribuito il grado di affidabilità della quota calcolata: *calcolata: affidabilità buona* o *calcolata affidabilità scarsa*. Il valore *esatta* è previsto per quei dati in cui in fase di scavo è stato scelto un punto di riferimento quotato assoluto.

4.1.1.7 L'interfaccia utente

Fin dalla schermata di apertura, una parte specifica del database è destinata agli utenti non amministratori, ai quali è consentita la consultazione e la ricerca all'interno della banca dati, ma non la modifica o l'immissione dei dati. Per consentire una più agevole lettura dei dati archeologici nel loro complesso, le singole maschere riuniscono al loro interno i dati di più tabelle, essendo state realizzate attraverso query tra differenti tabelle e con l'inserimento di sotto-maschere. La maschera utente **Scheda di intervento** (fig. 4.1) presenta, oltre ai campi della tabella **Scheda di intervento**, le coordinate della georeferenziazione (dalla tabella **Scheda di georeferenziazione**), la descrizione sintetica (dalla tabella **Descrizione sintetica**) e i record relativi a quell'intervento nei quattro livelli di categorizzazione. In questo modo l'utente ha immediatamente un quadro complessivo del singolo intervento, sul quale può effettuare un vasto numero di ricerche sia cronologiche, sia tipologiche, dal momento che tutti i campi visibili sono indagabili. Attraverso il tasto "sequenza" si può accedere all'omonima maschera

¹⁸ È necessario porre questa specifica perché sono stati riscontrati diagrammi stratigrafici realizzati, pur in anni molto recenti, senza seguire le convenzioni del diagramma di Harris, ma secondo regole non specificate, che non rimandano a nessun riferimento bibliografico noto, privi di legenda che consenta di comprendere una simbologia che risulta al momento incomprensibile.

scheda di intervento

587 Ubicazione
Via Consoli del Mare

georeferenziazione Coordinata X Coordinata Y Coordinata Z

elevata 1612911,02 4841656,35 6,04

Records: 1 di 1 Nessun filtro Cerca

Sintesi dei ritrovamenti

	I livello	II livello	III livello	Datazione			profondità	
Età romana	Area produttiva	Lavorazione dei metalli	strutture per la produzione del ferro	1101	1325	3,44	12	IV livello
repubblicana/imperiale	Area produttiva	Lavorazione dei metalli	strutture per la produzione del rame	1176	1325	4,21	12	IV livello
tardo antica	Infrastrutture	Infrastrutture di immagazz.	magazzino	1301	1400	4,37	12	IV livello
Altomedioevo	Non luogo	Area defunzionalizzata	distruzione	1401	1450	4,77	12	IV livello

Records: 3 di 6 Nessun filtro Cerca

descrizione sintetica

L'intervento ha documentato la seguente sequenza:
 - un edificio per la lavorazione dapprima solamente siderurgica, poi anche di rame, attivo dal XII all'inizio del XIV secolo;
 - un magazzino nel corso del XIV secolo;
 - crolli nel corso della prima metà del XV;

Records: 1 di 1 Nessun filtro Cerca

collocazioni materiali

Magazzino SBAT San Vito

Records: 1 di 1 Nessun filtro Cerca

Note

Data di redazione	Compilatore scheda
02/01/2009	G. Tarantino
Data ultimo aggiornamento	Motivazione aggiornamento
20/01/2012	Progetto MAPPA

Sigla Data intervento Durata intervento Anno Tipologia intervento

PICM luglio - ottobre 2007 80 gg 2007 Scavo preventivo

numero saggi Estensione Profondità max Profondità falda

1/2 34 -2,5 -2,5

Esecutore Direzione Scientifica

Studio Associato InArcheo E. Paribeni

Materiali dispersi no

Documentazione fotografica

Documentazione grafica ID 587 matrix

Documentazione compilativa

Fonte di informazione Firenze - SBAT

N° Protocollo	Autore	Titolo
	GATTIGLIA G., GIORGIO M.	Un'area produttiva metallurgica nel cuore di Pisa. Via Consoli del Mare
Data	In	
Tipo documento	"Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana", 3, 2007	
Relazione di scavo	Pagina	Luogo/Data di pubblicazione
Funzionario competente	281-290	Firenze, 2008

apri bibliografia intervento

apri documento

apri sequenza

apri elenco US

apri collocazioni

4.1 La maschera Scheda di intervento come si presenta nell'interfaccia utente.

di query, che illustra la sequenza complessiva di uno scavo con i dati provenienti dalle tabelle dei livelli di categorizzazione, dalla tabella di periodo e dalla tabella di fase, relative al singolo intervento. Da queste si può risalire alle singole schede di fase o periodo che al loro interno comprendono rispettivamente le fasi e le attività ad esse relative, via via fino alla **Scheda di Unità Stratigrafica**, presentata in una versione ridotta, ma comprendente anche i dati di quantificazione dei reperti.

4.2 La piattaforma AIS Mappa

La piattaforma AIS è stata elaborata attraverso il software ArcGIS 10.0 prodotto da ESRI. La scelta¹⁹ è legata all'utilizzo di questo software da parte dei differenti attori e partner del progetto e alla perfetta compatibilità con il database Access (dal momento che utilizzano entrambi Visual Basic), cui si vanno ad aggiungere da un lato una maggiore padronanza da parte del gruppo di lavoro nell'uso di questo software, dall'altro una mag-

¹⁹ Si è trattato di una scelta pragmatica, basata sull'analisi di quale software fosse maggiormente idoneo alle necessità del Progetto tenendo conto delle esperienze, dei tempi di realizzazione della ricerca e delle *skills* interne. Pur credendo nella scelte open, pensiamo sia necessario effettuare sempre scelte ponderate basate sugli obiettivi da raggiungere, tralasciando le motivazioni ideologiche. Spesso queste hanno condizionato il dibattito, non solo italiano, sull'utilizzo di software commerciali o open source, impedendo una seria analisi su quale software sia maggiormente idoneo alle proprie necessità, sia esso proprietario o basato su un formato aperto.

giore facilità di utilizzo dello stesso da parte di un'utenza formata soprattutto da ricercatori con una buona base di conoscenza informatica, ma non informatici.

ArcGIS rappresenta uno dei software GIS più usati al mondo²⁰, al punto da aver creato uno standard *de facto* per i formati di dati vettoriali (formato shapefile o .shp)²¹, fattore non secondario, che permette lo scambio e l'elaborazione di dati anche con software open source.

I dati sono stati gestiti all'interno di un geodatabase che contiene:

- la descrizione dell'ambiente;
- la descrizione geologica e geomorfologica;
- la descrizione della città contemporanea;
- la descrizione della città storica;
- la descrizione archeologica.

4.2.1 Interoperabilità: formati e metadati

Il problema dell'interoperabilità si pone su tre differenti livelli: informatico (formato), semantico (metadati) e degli standard identificativi (dato alfanumerico). Sul piano informatico, il problema è squisitamente tecnico e riguarda la scelta di un formato di archiviazione delle informazioni cartografiche che consenta un'ampia diffusione ed una vasta possibilità di interscambio. Per tale

motivo la scelta è stata quella di realizzare file di output²² in formato .shp nativo ESRI, che può essere sia letto, sia modificato da un'ampia gamma di software open source come GRASS, OpenJump, gvSIG, QuantumGIS.

Sul piano semantico, invece, bisogna preventivamente rinunciare a un concetto di oggettività assoluta, quindi verificare come poter rendere oggettiva la soggettività. Confrontare dati raccolti da differenti ricercatori è possibile solamente tenendo in considerazione la storia e il retroterra intellettuale di ognuno di essi (Terrenato 2006: 19). Questo ovviamente non significa rinunciare alla necessità di codificare i dati utilizzando procedure che siano condivise sul piano scientifico e ne assicurino la futura utilizzazione. Non dobbiamo, quindi, abbandonare l'idea di creare standard²³ di documentazione, quanto piuttosto essere consapevoli che nel lavoro di raccolta dati da parte dell'archeologo rimane una parte di soggettività, seppure limitata dall'utilizzo di procedure standardizzate, e che solo la piena e corretta enunciazione delle basi metodologiche e scientifiche che egli ha seguito nella costruzione del proprio sistema di rappresentazione dei dati consente di facilitare l'integrazione e quindi il riuso dei dati stessi. Oggettivare la soggettività vuol dire espli-

²⁰ L'alternativa all'uso di ArcGIS è a mio avviso rappresentata soprattutto dal software open source GRASS (con l'aggiunta dell'interfaccia di QGIS e dell'analizzatore R). Non si vuole discutere su quale software rappresenti la scelta 'migliore', entrambi hanno pregi e difetti. Allo stato attuale risultano superate alcune differenziazioni della prima ora, legate al fatto che GRASS era nato con una maggiore propensione al trattamento dei dati raster e i software ESRI con una maggiore attenzione all'aspetto vettoriale (WHEATLEY, GILLINGS 2002: 56-57), da un lato con l'implementazione QGIS, che permette una migliore gestione ed analisi dei dati vettoriali e fornisce un'interfaccia *user friendly* all'altrimenti ostico GRASS, dall'altro con l'introduzione di potenti tools dedicati all'analisi di dati raster. Ricordiamo che la maggiore stabilità nell'operare in ambiente Windows, rispetto a GRASS, nato in ambiente UNIX, è, però, bilanciata dall'elevato costo del software di ESRI.

²¹ Uno shapefile è un modello non topologico, composto di tre file principali che contengono le informazioni spaziali e gli attributi, che sono contenuti in un file di tipo dBase. ESRI ha reso pubblico questo formato al fine di favorire lo scambio di dati tra sistemi diversi. ESRI Shapefile Technical Description <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> (ultimo accesso 6 aprile 2012) e per una descrizione generale <http://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile> (ultimo accesso 6 aprile 2012).

²² I file input sono stati gestiti come feature class all'interno di un Geodatabase, da cui risulta, comunque, semplice l'esportazione in formato .shp.

²³ "Riprendendo una definizione nata in ambito soprattutto di tipo industriale gli standard sono mutui accordi su dichiarazioni e/o intenti che aiutano a controllare un'azione o un prodotto. Possono essere adoperati per controllare la coerenza di un processo lavorativo e/o organizzativo all'interno di una comunità professionale, di un gruppo di comunità su scala nazionale, internazionale o globale. Gli standard rappresentano, quindi, un consenso professionale su pratiche comuni" (D'ANDREA 2006: 79).

citare il background metodologico e di competenze, il retroterra intellettuale utilizzato nella codifica digitale dei dati. Questo processo, definito "interoperabilità semantica" (D'ANDREA 2006: 120), non fornisce una base su cui impostare l'accorpamento 'tecnico' dei dati, creando illusori superstandard che raggruppino standard esistenti. Al contrario, lasciando inalterata la formalizzazione dei dati adottata dal singolo ricercatore, assicura la codifica delle informazioni su modelli formali di tipo più astratto e generale, in grado di catturare la semantica implicita nei dati memorizzati.

Per consentire l'interoperabilità semantica è quindi necessario registrare le motivazioni e le circostanze della creazione di una fonte digitale, i dettagli della sua provenienza, del suo contenuto, della sua struttura e dei termini e condizioni applicabili al suo uso, a livello sia di una fonte complessa (un intero GIS), sia di ogni oggetto digitale (singolo file). La registrazione di questi aspetti, che consente un utilizzo dei dati estensivo e continuativo da parte della comunità scientifica, avviene attraverso la creazione di metadati, adoperati per registrare la storia della formazione del dato, consentendo di rendere le informazioni accessibili correttamente da chiunque, anche a distanza di tempo e di spazio, come pure di semplificare le operazioni di ricerca, localizzazione, selezione e interoperabilità semantica.

I metadati dei dati geografici di MAPPA sono stati realizzati rifacendosi alla direttiva INSPIRE, secondo quanto definito dal Geoportale Nazionale, in linea con le linee guida operative²⁴ prodotte dal

Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT)²⁵ in coerenza con il Regolamento (CE) n.1205/2008, recante attuazione della direttiva INSPIRE (Direttiva 2007/2/CE), e con le relative Linee Guida Tecniche edite dal Joint Research Centre della Commissione Europea²⁶. Il DM 10 novembre 2011²⁷, infatti, delinea²⁸ la struttura gerarchica, mutuata dallo Standard ISO 19115, con la quale possono essere organizzati i metadati, che permette di generalizzare a livello di serie tutte le informazioni condivise da più dataset, di mantenere a livello di dataset quelle informazioni che effettivamente lo distinguono da un altro e di dettagliare ulteriormente le informazioni a livello di sezione (tile)²⁹. Non esiste, però, una definizione univoca di dataset, di serie di dataset o di subset di dataset. Questi possono essere funzione della tipologia di dato, dell'istituzione che lo ha prodotto o del modo in cui viene gestito e fornito. Il modello di metadati proposto, quindi, è definito in modo da contenere un set minimo di elementi e da risultare sufficientemente generico, al fine di poter essere adattato alle diverse tipologie di dati che dovranno essere documentati nel Repertorio. Per quanto riguarda gli standard di identificazione, si è decisa, in accordo con la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana, nell'ambito del progetto di sperimentazione SIGEC, l'adozione dei campi minimi alfanumerici presenti nello strumento catalografico definito MODI-Modulo informativo³⁰ elaborato dall'ICCD, per garantire quel minimo comun denominatore dei dati alfanumerici in grado di con-

²⁴ Manuale RNDT - 2. Guida operativa per la compilazione dei metadati RNDT sui dati in coerenza con il Regolamento INSPIRE - v. 1.0 - 02/04/2012 http://www.rndt.gov.it/RNDT/home/images/struttura/documenti/RNDT_guida_operativa_dati.pdf (ultimo accesso 6 aprile 2012).

²⁵ <http://www.rndt.gov.it/RNDT/home/index.php> (ultimo accesso 6 aprile 2012).

²⁶ "INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119". http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Metadata/INSPIRE_MD_IR_and_ISO_v1_2_20100616.pdf.

²⁷ Decreto 10 novembre 2011 del Ministro per la Pubblica Amministrazione e l'Innovazione di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare recante "Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso", pubblicato sulla G.U. n. 48 del 27 febbraio 2012 - supplemento ordinario n. 37.

²⁸ § 3.1.1 dell'Allegato 2.

²⁹ La sezione rappresenta un livello informativo aggiuntivo rispetto alle norme europee.

³⁰ <http://www.iccd.beniculturali.it/index.php?it/211/sperimentazione-normative> (ultimo accesso 6 aprile 2012). Una scelta analoga è stata operata all'interno del progetto SITAR elaborato per la città di Roma (MORO 2011: 97).

dividere l'anagrafica identificativa del bene tra i diversi sistemi informativi e rendere possibile la futura implementazione delle informazioni raccolte all'interno del sistema di catalogo generale. Nello specifico, i campi MODI sono stati inseriti a livello di tabella degli attributi del file vettoriale e successivamente trasformati nel tracciato ASCII con le specifiche richieste dall'ICCD.

4.2.2 Cartografia e sistema di riferimento

Come base cartografica di riferimento sono state utilizzate le cartografie regionali (C.T.R.) nelle scale 1:2000 e 1:10.000, nei formati raster e vettoriali forniti dalla Regione Toscana, realizzati secondo il sistema geodetico-cartografico Roma 40 Gauss-Boaga fuso Ovest (Codice EPSG 3003); inoltre sono stati usati in parte i fogli catastali realizzati con proiezione Cassini Soldner e poi ri-proiettati³¹ a cura della Regione Toscana sul sistema di riferimento Roma 40. I nuovi dati sono stati prodotti con GPS differenziale secondo il sistema geodetico World Geodetic System 1984 (WGS84) e successivamente trasformati in proiezione Roma 40³². La georeferenziazione dei dati archeologici, in parte già effettuata negli anni 2005-2010³³ su queste basi cartografiche, è stata quindi realizzata con proiezione Roma 40.

Con la recente pubblicazione³⁴ del DM 10 novembre 2011, l'Italia ha però adottato, in attuazione dell'art. 59 del Codice dell'Amministrazione Digitale (CAD), un nuovo sistema di riferimento denominato ETRF 2000 (2008.0.) (BARONI et alii, s.d.), allineandosi al sistema di riferimento geodetico europeo ETRS89³⁵, in modo da supportare applicazioni che richiedono una precisione più elevata. Questo nuovo sistema di riferimento si aggiunge ai già citati Roma 40 e Cassini Soldner, all'European Datum 1950 (ED50) e al WGS

84. Inoltre, come specificato all'Art. 3: "A decorrere dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana del presente decreto, le amministrazioni utilizzano il Sistema di riferimento geodetico nazionale per georeferenziare le proprie stazioni permanenti, nonché per i risultati di nuovi rilievi, le nuove realizzazioni cartografiche, i nuovi prodotti derivati da immagini fotografiche aeree e satellitari, le banche dati geografiche e per qualsiasi nuovo documento o dato da georeferenziare". Pertanto i nostri dati saranno trasformati nel nuovo sistema di proiezioni non appena saranno disponibili i tool messi a disposizione gratuitamente dall'Istituto Geografico Militare (I.G.M.).

4.2.3 Georeferenziare i dati archeologici: come e perché

Come emerso nella fase di analisi dei dati la stragrande maggioranza dei dati archeologici è presente solo in formato cartaceo, della restante parte presente in formato digitale solo un'esigua minoranza è in formato vettoriale (nessun dato è in formato .shp, tutti sono in formato .dwg o .dxf). Il 48% dei dati complessivi, oltre ad essere in formato cartaceo è di tipo testuale o comunque privo di precisi punti di riferimento geografico e solo il 52% è georeferenzabile con precisione. L'ampissimo arco temporale di documentazione archeologica presa in esame ha ovviamente un'incidenza diretta su queste percentuali, ma occorre segnalare che anche dettagliate documentazioni recenti risultano precise solo su sistemi di riferimento relativi e non ancorabili a un più ampio contesto cartografico. Davanti a questi dati, la scelta delle primitive geometriche da utilizzare in fase di data entry assume pertanto un carattere di fondamentale importanza sia per la gestione del

³¹ Come ben noto la georeferenziazione dei fogli catastali comporta problemi di corretta sovrapposizione tra i singoli fogli.

³² La raccolta dei nuovi dati è stata svolta dal Dipartimento di Scienze della Terra. La conversione è avvenuta tramite il software Verto3k realizzato dall'Istituto Geografico Militare.

³³ ANICHINI 2004-2005, GATTIGLIA 2010.

³⁴ Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27 febbraio 2012 <http://www.gazzettaufficiale.biz/atti/2012/20120048/12A01799.htm> (ultimo accesso 6 aprile 2012).

³⁵ <http://etrs89.ensg.ign.fr/> (ultimo accesso 6 aprile 2012).

dato, sia per la sua rappresentazione. Nel progetto MAPPA si è scelto di vettorializzare tutti i dati archeologici basandoci su due capisaldi: l'unicità (ogni oggetto non interpretato è sempre stato descritto a livello geometrico come entità unica e separata) e l'utilizzo (quasi) esclusivo del grafo poligonale, per evitare qualsiasi tipo di rappresentazione simbolica (grafo puntuale o lineare), affidando le caratterizzazioni 'simboliche' alla tabella degli attributi.

L'acquisizione dei dati cartacei è avvenuta tramite scansione con risoluzione tra 300 e 600 dpi (output in formato TIFF a scala di grigi) e successiva georeferenziazione dei dataset raster³⁶ attraverso la definizione di associazioni tra le coordinate locali di un punto di controllo nel dataset raster e le corrispondenti coordinate dello stesso punto di controllo nel sistema di coordinate geografiche. La presenza di dati raster relativa, per la maggior parte dei casi, a stralci di dettaglio ha permesso in genere la possibilità di utilizzare pochi punti di controllo (comunque sempre superiori a tre) disposti in maniera omogenea presso gli angoli del dataset raster. Nella maggior parte dei casi è stata utilizzata una trasformazione polinomiale³⁷ di primo ordine (che si limita a operazioni di rototraslazione, nella quale il raster viene traslato, scalato, ruotato e inclinato senza produrre delle deformazioni delle linee rette³⁸), che è quella più frequentemente utilizzata per georeferenziare una mappa cartacea e che richiede un minore tempo di calcolo. L'accuratezza della trasformazione è data dalla misura dell'errore residuo per ogni singolo punto e per l'insieme dei punti, che è pari alla differenza tra la posizione assegnata e la posizione ottenuta dalla trasformazione ed è calcolato come la radice della media dei quadrati delle misure di errore (RMS o Root Mean Square). Mediamente il calcolo dell'RMS si è rivelato nell'ordine

di poche decine di cm, a volte entro la decina di centimetri. Il resampling del raster, cioè l'attribuzione di un valore a ogni cella della nuova griglia, è stato effettuato attraverso il nearest neighbor assignment, che assegna il nuovo valore a partire dalla cella più vicina e rappresenta il metodo più veloce e più adatto per i dati discreti e le immagini.

Le operazioni di georeferenziazione hanno occupato un notevole impiego di tempo nella fase iniziale del progetto: dalla migliore georeferenziazione dei dati raster è dipesa infatti la possibilità di una corretta vettorializzazione delle aree di intervento. I principali problemi riscontrati sono risultati collegati alla modalità di produzione originaria del dato da georeferenziare e connessi, in particolare, alla scala e alla base cartografica di riferimento utilizzate per la produzione del dato. La maggior parte dei dataset raster fanno riferimento a stralci di dettaglio legati a piccole porzioni del tessuto cittadino, con una scala nominale generalmente compresa tra 1:100 e 1:2000, ma in aree periurbane non mancano elementi in scala 1:10.000. Scale di minor dettaglio hanno ovviamente permesso una georeferenziazione corretta, ma di minore precisione.

L'utilizzo di cartografie di riferimento differenti da quella attuale è da un lato collegato alla cronologia di esecuzione degli interventi, dall'altro alla realizzazione di rilievi in scala 1:20 (o 1:50) posizionati su una base autoprodotta, con punti di riferimento a terra risultati di difficile individuazione sulla cartografia in scala 1:2000 realizzata sulla base di un rilievo aerofotogrammetrico.

Infine i dati vettoriali nativi nei formati .dwg e/o .dxf sono stati acquisiti in ambiente CAD attraverso l'utilizzo delle basi cartografiche C.T.R. e poi importati in ambiente GIS e vettorializzati. Il lavoro di georeferenziazione svolto ha posto in evidenza come, d'ora in poi, sarebbe necessario

³⁶ Effettuata con il tool Georeferencing di ArcGIS 10.

³⁷ La trasformazione polinomiale è basata su un polinomio costruito su punti di controllo e su un algoritmo di ottimizzazione costruito secondo il metodo dei minimi quadrati (LSF, least squares fitting). Questo sistema è ottimizzato per l'accuratezza globale, ma non garantisce la massima accuratezza locale.

³⁸ Nelle trasformazioni polinomiali di ordine superiore (oltre a dover aumentare il numero di punti di controllo) avviene una distorsione delle linee rette che produce una curvatura con almeno un punto di flesso.

posizionare i dati archeologici direttamente in formato vettoriale, possibilmente seguendo norme condivise e secondo il sistema di riferimento ETFR2000.

4.2.4 I dati AIS per il livello informativo archeologico (la descrizione archeologica)

I dati che definiscono la descrizione archeologica e compongono il livello informativo archeologico sono organizzati nei feature dataset denominati **Sottosuolo** (archeologia del), **Elevati** (archeologia degli) e **Tracce**.

Il feature dataset **Sottosuolo** descrive i dati archeologici del sottosuolo come feature classes poligonali, denominate **interventi**, **US**, **caratterizzazioni**, **UT**, **strutture**.

Il feature dataset **Elevati** descrive l'archeologia dell'architettura attraverso le feature classes poligonali **UAU**, **CA**, **CF** e lineare **fasi**.

Il Feature dataset **Tracce** gestisce le feature classes poligonali dei dati da remote sensing (**Tracce_1943_RAF**, **Tracce_1945_RAF**, **Tracce_1951**, **Tracce_1954**, **Tracce_1978**, **Tracce_1980**, **Tracce_1986**, **Tracce_2008**, **Tracce_2009**, **Tracce_2010**) e quella lineare di sintesi (**Tracce**). I dati raster dai quali è stato possibile vettorializzare le singole tracce sono stati gestiti all'interno del raster catalog Voli, che contiene i fotogrammi georeferenziati dai differenti voli 1943 e 1945 RAF, 1951, 1954, 1978, 1980, 1986, 2010 (cfr. § 9.11). Tutti i dati vettoriali sono associati a una tabella degli attributi, gestiti tramite domains all'interno del Geodatabase, che oltre a contenere campi specifici per ogni feature class contiene sempre i campi minimi obbligatori MODI (cfr. § 4.2.1).

4.2.4.1 Gli interventi

La feature class poligonale **interventi** (fig. 4.2) descrive le singole aree all'interno delle quali è stata effettuata una qualsiasi indagine archeologica

che abbia interessato il sottosuolo, indipendentemente dalla qualità dell'indagine o dalla tipologia del ritrovamento. Gli interventi archeologici rappresentano il cuore del livello informativo archeologico. Ogni feature riproduce, dal punto di vista logico, il contenitore all'interno del quale sono presenti i ritrovamenti principali e, dal punto di vista grafico, i capisaldi sui quali vengono georeferenziate le singole piante di scavo o di UT, per i dati archeografici completi, o le strutture per quegli interventi di cui si posseggano documentazioni parziali. La corretta georeferenziazione è, quindi, un aspetto fondamentale, che viene esplicitato attraverso i suoi attributi. La vettorializzazione (data entry) degli interventi³⁹ è avvenuta come grafo poligonale, indipendentemente dal grado di affidabilità di georeferenziazione. Nei precedenti lavori si era scelto dapprima di utilizzare esclusivamente la primitiva poligonale (ANICHINI 2004-5), che prevedeva una rappresentazione 'simbolica', ottenuta attraverso oggetti circolari, per rappresentare localizzazioni non esatte; successivamente (GATTIGLIA 2010) si era optato per il duplice uso di primitiva poligonale e puntuale, per rappresentare rispettivamente localizzazioni esatte e non esatte. Questa scelta finale offre una serie di vantaggi, sintetizzabili nella coerenza del dato (ogni intervento reale ha una sua estensione spaziale, anche se questa non è attualmente rappresentabile con precisione, che la primitiva poligonale mantiene), nell'analisi computazionale (l'utilizzo di un unico file consente maggiori potenzialità), nelle successive operazioni di calcolo predittivo (quando i dati vettoriali dovranno essere trasformati nelle celle di un raster dataset), nella presentazione del dato poiché evita la confusione generata dalla rappresentazione puntuale, che ad una utenza non esperta può apparire come espressione del massimo grado di precisione⁴⁰.

³⁹ La vettorializzazione degli interventi è stata eseguita da Antonio Campus, Lorenza La Rosa, Claudia Sciuto e Giulio Tarantino, collaboratori del progetto che hanno provveduto alla contestuale compilazione del database. Il lavoro di revisione finale delle georeferenziazioni è stato svolto interamente da Claudia Sciuto.

⁴⁰ Anche nei progetti SITAN e SITAR è stato abbandonato l'uso della primitiva puntuale e delle rappresentazioni simboliche in generale.



4.2 Gli interventi con georeferenziazione esatta (in rosso) o incerta (in arancio) presenti all'interno dell'area del centro urbano di Pisa, visualizzate sul DTM realizzato sulle informazioni LiDAR. Tutti gli interventi sono stati raffigurati attraverso un grafo poligonale.

L'affidabilità della localizzazione del singolo intervento è stata descritta distinguendo due differenti gradi di precisione principali – definiti *preciso* e *non preciso*, a loro volta suddivisi in *alto*, *medio*, *basso* – per indicare il grado di affidabilità della georeferenziazione (PRC). Per georeferenziazioni precise si intendono tutte quelle in cui la cui superficie geometrica corrisponde alla reale ubicazione, forma ed estensione dell'area di intervento (PRC=alto), per non precise tutte le altre, suddivise a loro volta nei livelli medio e basso. Il livello medio è attribuito a quegli interventi la cui ubicazione si approssima verosimilmente alla realtà: si tratta di interventi localizzabili ad es. all'interno di un determinato edificio, o di interventi in linea, ubicabili lungo un determinato percorso stradale, ma dei quali non è possibile definire la reale superficie. Hanno invece un PRC basso tutti gli interventi localizzabili all'interno di un determinato areale, ma non meglio definibili: questo vale per tutti gli interventi localizzabili all'interno di un percorso stradale, ma non riferibili a un tracciato in linea (ad es. un intervento effettuato in un punto non precisabile di una strada), oppure localizzabili

all'interno di un vasto areale (ad. es. una località o un quartiere) o in un intero isolato o in un gruppo di edifici. La georeferenziazione di tutti gli elementi non precisi è topologicamente coerente con gli oggetti raffigurati nella cartografia vettoriale della C.T.R. in scala 1:2000.

Il file così realizzato è stato collegato (join) alla tabella interventi del RDBMS; attualmente esso contiene 700 oggetti.

4.2.4.2 La documentazione archeografica

Alla luce delle ricognizioni negli archivi e dell'edito (cfr. § 2) è stato possibile reperire documentazioni archeografiche (in massima parte legate ad interventi di scavo, ma sono presenti anche documentazioni di ricognizioni) complete, nelle quali sono presenti tutte le piante, le schede, le immagini, ecc., e documentazioni parziali, per lo più edite, nelle quali sono presenti solo parte dei dati, per lo più già interpretati. L'immissione dei dati provenienti da scavi stratigrafici contempla da un lato la riproposizione fedele della connotazione materiale dell'unità stratigrafica, dall'altro, come abbiamo visto, la raccolta dei dati all'interno del database alfanumerico. Pertanto si

è deciso di trattare in maniera differente i dati provenienti da scavi stratigrafici di cui si possiede la documentazione completa e quelli provenienti da scavi stratigrafici di cui si possiede solo una documentazione parziale, operando su due differenti file. Tutte le unità stratigrafiche, positive e negative, sono state raffigurate con il grafo poligonale. In un primo tempo (GATTIGLIA 2010) era stata fatta la scelta di operare con il grafo poligonale per le unità stratigrafiche positive e con un grafo lineare per quelle negative (NARDINI 2000), ma poi la difficoltà di operare su un gran numero di dati provenienti da più scavi ha spinto verso l'uso di un unico file poligonale, che consente una maggiore coerenza dal punto di vista dello strumento informatico e semplifica molto sia le ricerche, sia l'analisi (fig. 4.3). La divisione tra unità stratigrafiche positive e negative è stata quindi gestita a livello di attributi.

Le caratterizzazioni, invece, si rifanno a principi di carattere strettamente grafico e servono a definire il reale aspetto dell'oggetto. Gestendole su un layer differente, si rispetta la coerenza concettuale della piattaforma e si ottempera a ragioni di ordine pratico. La differenziazione tra il grafo poligonale, che descrive i limiti di una unità stratigrafica, e il grafo lineare, che descrive l'aspetto dell'oggetto, serve infatti a non generare errori nella consultazione matematica e a non incorrere in difficoltà operative e gestionali⁴¹. A livello di attributi, oltre i campi identificativi necessari alla denominazione di ogni oggetto e alla relazione con la tabella **Scheda US** del RDBMS, è stato inserito il campo sottotipo, gestito come domain all'interno del Geodatabase. I sottotipi vanno intesi come macroclassificazione delle unità stratigrafiche (NARDINI 2000) e non riguardano il livello interpretativo, che viene gestito invece attraverso



4.3 Le Unità Stratigrafiche dello scavo di Via Consoli del Mare (2007) georeferenziate e visualizzate sulla cartografia raster della C.T.R. 1:2000.

⁴¹ L'elevato numero di caratterizzazioni necessarie a definire l'aspetto di ogni oggetto, infatti, una volta catastato separatamente rimane escluso sia dalle ricerche, sia da tutte le visualizzazioni per le quali non sia necessario un alto grado di dettaglio permettendo una sensibile contrazione dei tempi di processamento dei dati. La scelta di utilizzare un grafo lineare rispetto a quello poligonale deriva semplicemente dalla maggiore duttilità del grafo, non essendoci motivi legati alla coerenza del modello.

campo "interpretazione sintetica" della tabella **Scheda US** del database relazionale. L'utilizzo dei sottotipi come attributi GIS risponde al concetto di oggettività, dal momento che si tratta di valori incontrovertibili esterni al database relazionale; pertanto alla variazione dell'interpretazione, contenuta nell'archivio alfanumerico, non potrà mai variare l'identità materiale dell'unità stratigrafica.

La vettorializzazione dei dati provenienti da scavi stratigrafici di cui si possiede una documentazione completa è stata distinta in due differenti tipi principali:

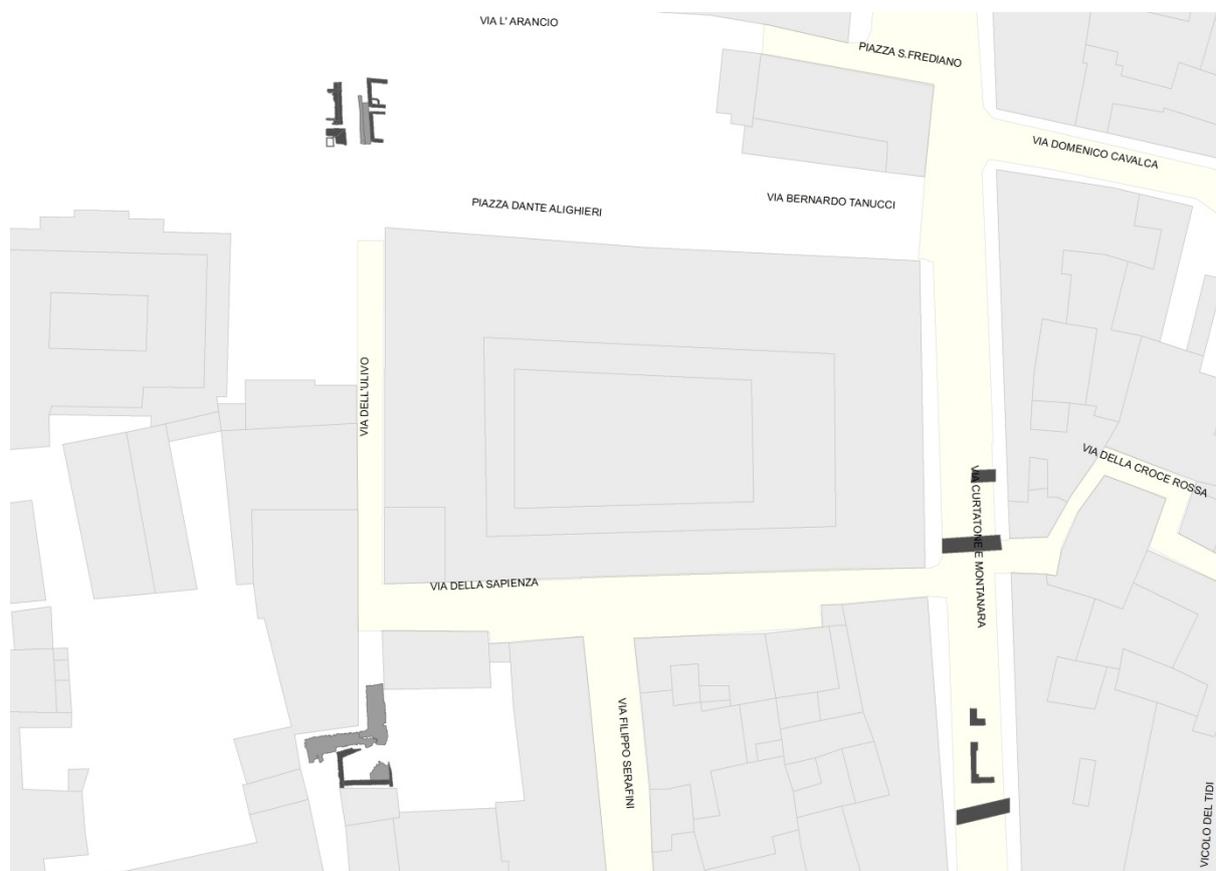
- **US**, grafo poligonale, suddiviso in sottotipi attraverso la determinazione di specifici attributi interni al GIS: *apertura, buca, erosione/distruzione, riempimento, rivestimento, sepoltura, strato di cenere/carboni, strato di malta, strato di pietre/laterizi, strato di terra, struttura lignea, struttura muraria orizzontale, struttura muraria verticale, taglio/trincea unità di trasformazione, altro*. Gli

oggetti sono collegati (join) alla tabella scheda US del RDBMS.

- **caratterizzazioni**, grafo lineare, suddiviso in sottotipi attraverso la determinazione di specifici attributi interni al GIS: *apertura, buca, erosione/distruzione, riempimento, rivestimento, sepoltura, strato di cenere/carboni, strato di malta, strato di pietre/laterizi, strato di terra, struttura lignea, struttura muraria orizzontale, struttura muraria verticale, taglio/trincea unità di trasformazione, altro*.

I dati provenienti da scavi stratigrafici di cui si possiede una documentazione parziale, sono stati trattati a livello di ritrovamenti, vettorializzando ogni tipologia di struttura. Ogni feature è stata associata ad una tabella di attributi interna. Non è prevista, almeno allo stato attuale, la caratterizzazione delle strutture.

- **Strutture** (fig. 4.4), grafo poligonale, agli oggetti è collegata una tabella interna che comprende i campi: tipo (*basamento, bottino, buca*



4.4 Le strutture (in grigio scuro) e le pavimentazioni stradali (in grigio chiaro) medievali dell'area intorno al Palazzo della Sapienza visualizzate sulla cartografia vettoriale della C.T.R. scala 1:2000.

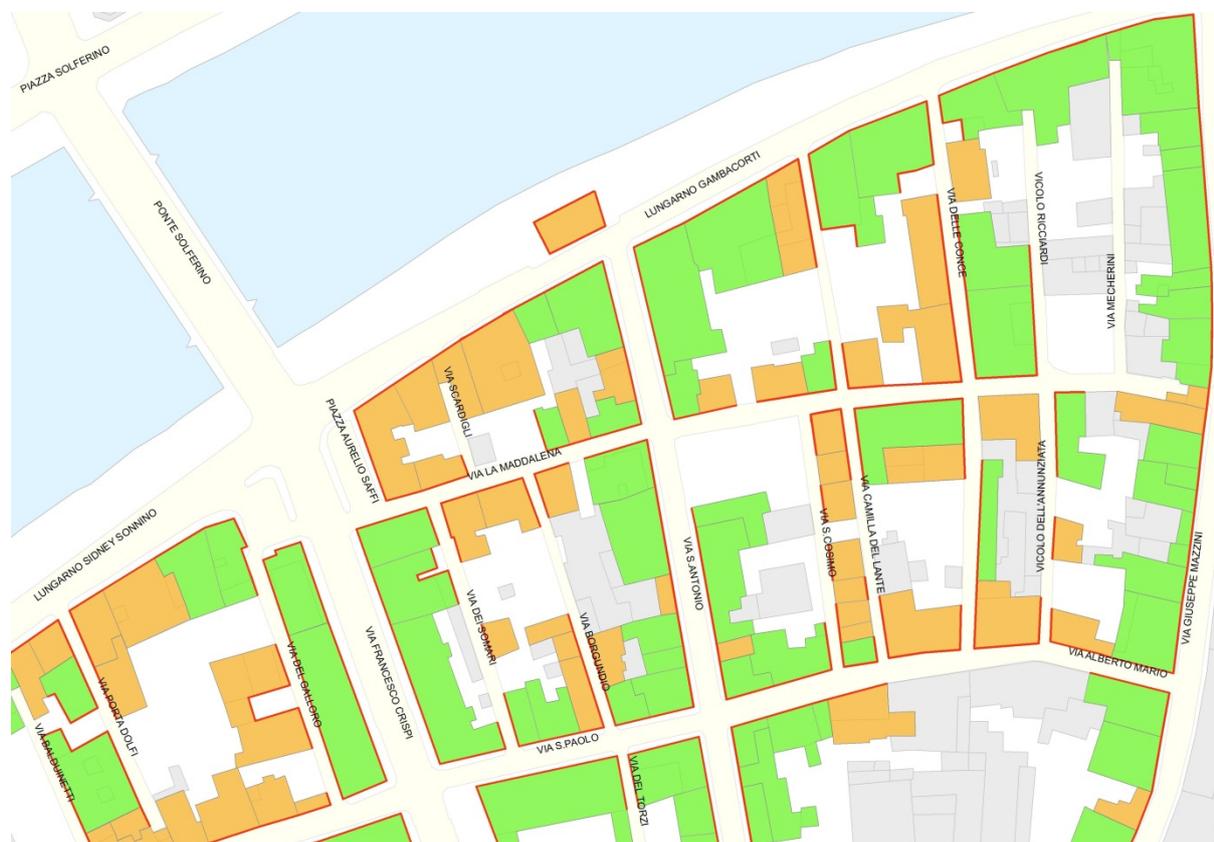
per sepoltura, focolare, fondazione, fornace, fossa di fusione, intonaco, muro, pavimentazione, piano di cantiere, sepoltura, taglio di spoliatura, volta), fonte, datazione iniziale, datazione finale, quota minima, quota massima.

La necessità di vettorializzazione singole UT si è rivelata estremamente rara a causa dei pochissimi dati grezzi a disposizione. Inoltre vista la mancanza di un sistema di schedatura univoco standardizzato, si è deciso di inserire come attributi sia i dati oggettivi (es. *area di dispersione*), sia i dati interpretativi e la cronologia.

- UT, grafo poligonale.

4.2.4.3 Archeologia degli elevati⁴²

L'archeologia degli elevati (fig. 4.5) viene gestita nel feature dataset **Elevati** attraverso le feature classes **UAU**, **CA**, **CF** (descritte con grafo poligonale) e **fasi** (grafo lineare). Tutti gli oggetti del dataset sono collegabili alle tabelle omonime presenti nel RDBMS. Oltre ai campi riferiti al MODI, gli attributi comprendono gli identificativi necessari al collegamento con le relative tabelle archiviate nel RDBMS e il campo PCR, che segnala il grado di affidabilità di georeferenziazione definito in una scala di tre valori *alto*, *medio* e *basso*⁴³. La scelta delle primitive da individuare è stata fatta



4.5 I complessi architettonici (poligoni verdi), i corpi di fabbrica (poligoni arancio), le fasi (linee in rosso), dell'isolato a sud di Ponte Solferino e della Chiesa della Spina, visualizzati sulla cartografia vettoriale della C.T.R. scala 1:2000.

⁴² Come detto in precedenza (cfr. § 4.1.1.4) questo studio è stato pensato e realizzato per gli scopi del progetto utilizzando materiale originale, appare, quindi, evidente la coerenza complessiva della struttura tra RDBMS e GIS, non condizionata ex-post, come per altre tipologie di fonti. La struttura è stata elaborata assieme a Mara Febbraro e Fabiana Susini che si occupano della raccolta dei dati riferiti all'archeologia degli elevati all'interno del progetto MAPPA.

⁴³ Date le caratteristiche del lavoro non è previsto che esistano dati non georeferenziali con precisione, pertanto si è deciso di non introdurre il campo precisione (*preciso*, *non preciso*) come per **interventi**.

sulla base della reale consistenza degli edifici: pertanto la scelta poligonale è risultata l'unica adatta a questa descrizione, anche in virtù della coerenza generale del progetto. Diversamente, le fasi sono rappresentate da un grafo lineare per un duplice motivo: la fase muraria rappresenta il risultato di un processo interpretativo, mentre da un punto di vista fisico essa rappresenta l'interfaccia leggibile della stratificazione muraria alla quale non è possibile affidare uno spessore, sia perché nella maggior parte dei casi la lettura si limita a un'interfaccia esterna, sia perché non è detto che ci sia una corrispondenza esatta tra le interfacce poste ai due lati di una muratura.

4.2.4.4 Tracce da fotoaerointerpretazione

La raccolta⁴⁴ delle tracce da fotoaerointerpretazione è avvenuta attraverso la lettura di differenti levate aerofotografiche (cfr. § 9.1). Nel Geodatabase i dati vettoriali delle tracce sono stati gestiti all'interno del feature dataset **Tracce**. Si è proceduto alla creazione di una serie di feature class poligonali (**Tracce_1943_RAF**, **Tracce_1945_RAF**, **Tracce_1951**, **Tracce_1954**, **Tracce_1978**, **Tracce_1980**, **Tracce_1986**, **Tracce_2008**, **Tracce_2009**, **Tracce_2010**) in modo da rappresentare nella loro reale consistenza le singole tracce/anomalie leggibili dalle fotografie aeree relative a ciascun vo-

lo, e alla redazione di una feature class lineare complessiva (**Tracce**), nella quale sono riportate le singole tracce attraverso un processo di ripulitura degli elementi ridondanti, cioè di quelle tracce presenti in più voli, per le quali è stato scelto l'oggetto con migliore leggibilità e georeferenziazione. La tabella degli attributi comprende, oltre ai campi MODI, i campi identificativo (numero di traccia) per la relazione con la corrispondente tabella del RDBMS, anno del volo, strisciata, fotogramma, codice fotointerpretazione⁴⁵, interpretazione. I file raster dai quali è stato possibile vettorializzare le singole tracce sono stati gestiti all'interno del raster catalog **Voli**, che contiene i fotogrammi georeferenziati dai differenti voli 1943 e 1945 RAF, 1951, 1954, 1978, 1980, 1986, 2010.

4.3 Il file server di MAPPÀ (archivio digitale)

Tutta la documentazione primaria⁴⁶, a partire dalla quale è stato possibile implementare il RDBMS e realizzare i file vettoriali in ambiente GIS, è stata inserita in una serie di directory all'interno del file server di MAPPÀ. Si tratta di tutti i documenti raccolti (immagini, piante, progetti, relazioni ecc.) acquisiti per la stragrande maggioranza tramite scansione⁴⁷ nell'ambito del progetto, o prodotti originariamente in formato digitale⁴⁸,

⁴⁴ Anche il lavoro di fotointerpretazione area è stato svolto appositamente per il progetto. La struttura è stata elaborata congiuntamente con Giorgio Pocobelli, che si è occupato del lavoro di aerofotointerpretazione per il progetto MAPPÀ.

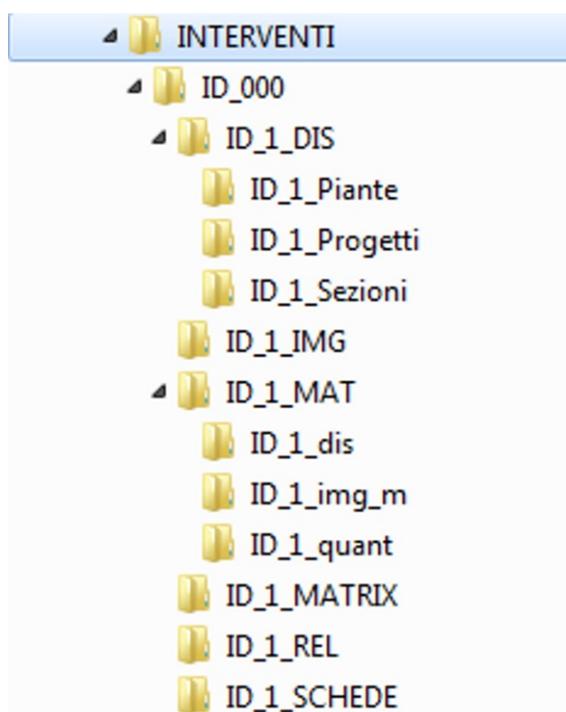
⁴⁵ Codifica alfanumerica sviluppata dal Laboratorio di Topografia Antica e Fotogrammetria dell'Università del Salento diretto da Marcello Guaitoli (vedi § 9.1 e relativa bibliografia).

⁴⁶ Si preferisce parlare in maniera generica di documentazione primaria, piuttosto che di dati grezzi, dal momento che si tratta non tanto e non solo dei dati archeografici, quanto di tutti i dati granulari disponibili al di sotto dei quali non è possibile individuarne altri perché non prodotti o perduti o mancanti.

⁴⁷ Sono stati scansionati tutti i documenti raccolti (relazioni, schede, piante, piante di progetto, immagini). La scansione delle immagini conservate presso la SBAT Firenze, è avvenuta direttamente nei locali della Soprintendenza; le diapositive, sono state scansionate attraverso un apposito scanner; la scansione delle piante di grande formato è avvenuta con l'utilizzo di una scanner A0, il resto delle piante è stato acquisito con una scanner piano A3, i documenti sono stati acquisiti con uno scanner A4 per documenti. I documenti testuali sono stati acquisiti in formato .pdf in scale di grigio; piante e planimetrie sono state acquisite in formato .tiff, in scale di grigio, ad eccezione delle poche piante con tratto a colori, acquisiti in milioni di colori; le immagini fotografiche sono state acquisite in formato .tiff in milioni di colori.

⁴⁸ I file acquisiti direttamente in formato digitale sono stati, quasi sempre, archiviati solamente nel formato di origine: .doc, .pdf per documenti testuali o apparati schedografici; .dwg, .dxf per file di disegno vettoriale; jpeg per le immagini. Sono stati anche trasferiti su un formato standard o leggibile tutti i file prodotti da software particolari, per lo più proprietari.

utilizzando differenti formati grafici o testuali. Questa immensa quantità di dati⁴⁹ è stata solo in parte archiviata all'interno del database testuale e di quello geografico, ma rappresenta un'immensa fonte di dati/informazioni. I documenti acquisiti sono stati così inseriti in diverse directory tematiche, relative alla loro referenza principale. Nel caso dell'archeologia del sottosuolo, la struttura ruota attorno alla directory INTERVENTI suddivisa in sub-directories relative ai singoli interventi, denominati con il proprio identificativo, all'interno delle quali sono stati sistemati i differenti file (relazioni di scavo, piante di scavo/fase/periodo, matrix, schede di US, altro) nei differenti formati di origine o di acquisizione, suddivisi in ulteriori sub-directories, secondo lo schema di fig 4.6. Un'analogha procedura è stata fatta con tutti i dati prodotti nell'analisi degli elevati (directory ELEVATI), con i dati car-



4.6 Schema delle directory e subdirectory che compongono l'archivio INTERVENTI.

tografici (directory CARTOGRAFIA) e le immagini da fotografia aerea (directory TRACCE). La gestione di tutti questi differenti file viene effettuata tramite il software XnView⁵⁰, che consente di taggare i singoli file e le cartelle, rendendo più agevole la gestione dei file. L'indicizzazione dei singoli file ha richiesto un lavoro di 120 gg uomo (2 mesi di lavoro suddivisi tra 3 operatori). Si è trattato di un notevole dispendio di tempo, necessario però al rapido reperimento dei dati una volta archiviati.

(G. G.)

4.4 La categorizzazione dei dati

La riflessione metodologica che ha preceduto e accompagnato la categorizzazione dei dati archeografici è avanzata secondo le due direzioni di uno stesso binario: da un lato si è proceduto dal singolo dato oggettivo verso le astrazioni interpretative che questo suggerisce e, dall'altro, abbiamo definito fin da subito, a livello macroscopico, le grandi aree funzionali di una città e del suo suburbio, per incasellare poi al loro interno le singole tracce registrate. Per usare un'immagine concreta e, al tempo stesso, metaforica è un po' come avviene nella realizzazione delle lunghe gallerie in cui si inizia a scavare contemporaneamente dalle due parti opposte: naturalmente il lavoro va a buon fine e si ha una verifica che i calcoli progettuali erano corretti quando, al centro della montagna, le due squadre di operai si incontrano. Abbiamo seguito, in altri termini, le spinte polidirezionali che la mente umana tende spontaneamente a seguire e che la portano ad astrarre dai casi contingenti per cogliere i significati più ampi che questi sottendono, ma al tempo stesso a creare grandi categorie di pensiero entro cui trova significato e giustificazione l'agire quotidiano.

Al primo livello, dunque, abbiamo immaginato le categorie che, nel modo più sintetico possi-

⁴⁹ La sola directory INTERVENTI contiene attualmente 41.881 file divisi in 4.749 sub-directory per un totale di 110 GB di spazio su disco.

⁵⁰ <http://www.xnview.com> Non si tratta di un vero e proprio DAM, ma pur essendo ideato per la gestione di archivio fotografici digitali, supporta un elevatissimo numero di formati (più di 400) e consente la gestione anche di file di testo come .doc, .pdf, ecc. oltre a quelli grafici come .dxf e .dwg. <http://en.wikipedia.org/wiki/XnView>.

bile, definiscono le aree vocazionali della città che, solo per ricordarne alcune, sono rivolte all'uso pubblico o privato, alle attività produttive, al commercio o alla destinazione funeraria. Al secondo livello poi tali aree si articolano in sottoinsiemi che definiscono funzioni più specifiche; così, ad esempio, all'interno delle aree produttive si possono riconoscere quelle rivolte in particolare alla lavorazione dei metalli, dell'argilla, della pelle o dei tessuti, del vetro, del legno e così via. I primi due livelli rappresentano dunque categorie "universali", applicabili cioè a qualunque città di ogni tempo e di ogni cultura. Dal lato opposto, come dicevo, si è proceduto a categorizzare i dati provenienti dall'eterogenea documentazione delle indagini condotte nel nostro caso di studio, ovvero nella città di Pisa. Le tracce o gli insiemi di tracce, definiti dalle molteplici voci del quarto livello confluiscono negli insiemi più grandi costituiti da categorie tipologiche di terzo livello: ecco dunque che uno strato o più strati di scorie di ferro, magari associati ai resti di una fornace, possono essere categorizzati come strutture per la produzione del ferro. È a questo punto che le due squadre di operai devono incontrarsi al centro della montagna: le esperienze del caso pisano devono infatti rientrare nelle astrazioni che abbiamo immaginato come valide per tutte le città e il percorso, dal massimo dettaglio alla massima astrazione e viceversa, deve essere percorribile senza intoppi nei due sensi di marcia. È chiaro che, pur restando valide le massime astrazioni di primo e secondo livello, le voci di terzo e quarto livello non esauriscono tutte le possibilità: sono state introdotte quelle necessarie a descrivere i casi che si sono presentati e alcune di quelle più comuni che è possibile attendersi con la prosecuzione delle indagini, ma senza nessuna pretesa di esaustività, poiché il sistema è aperto e implementabile in qualunque momento.

È importante ricordare che il carattere diacronico del nostro studio, basato su "tutte le testimonianze dell'attività umana appartenenti ad un passato più o meno remoto ed indagabili con i metodi propri della ricerca archeologica" (MANCINELLI

2004), ha richiesto l'introduzione di categorie specifiche adatte a descrivere anche le tracce della città contemporanea. Ecco così che, accanto alle voci che fanno riferimento alle categorie monumentali tipiche della città "storica", termini come "cinema" o "campo sportivo", tra gli edifici ludici, o "industria farmaceutica" o "chimica", tra le lavorazioni industriali, offrono gli strumenti per descrivere anche la città contemporanea. Alcune voci, inoltre, possono indicare tipologie architettoniche anche molto diverse tra loro, ma adibite a una medesima funzione, come il teatro di età romana o di età moderna.

Si presentano le dodici serie costituite dalle voci di primo livello con le loro articolazioni di secondo e terzo livello, organizzate in un sistema gerarchico e adatte a sintetizzare le informazioni provenienti dalle più diverse fonti documentarie (cfr. tabella n. 1 dell'Appendice; per l'organizzazione tecnica dei quattro livelli di sintesi, cfr. § 4.1.1.6⁵¹). Per una più approfondita descrizione delle voci di terzo livello si rimanda alle definizioni della scheda di Sito dell'ICCD, focalizzando qui l'attenzione solo su quelle che abbiamo introdotto o di cui è necessario circostanziare l'accezione che abbiamo attribuito loro. In tutte le serie e in tutte le categorie di secondo livello in cui queste si articolano è quasi sempre presente la voce di terzo livello 'cantiere'. Questa fa riferimento alle attività del cantiere apprestato per la realizzazione delle diverse tipologie di edifici o infrastrutture e sono testimoniate da una varietà di tracce, quali 'piani di calpestio', 'buche di palo' dei ponteggi, 'scarti di lavorazione' dei materiali edilizi, dalla pietra, alla calce, ai chiodi per la carpenteria.

L'ampio thesaurus delle voci di quarto livello, che costituisce la base comune per le dodici serie, è stato elaborato per organizzare le informazioni provenienti in modo specifico dalla documentazione archeologica. Dovendo recepire i dati da documentazioni realizzate con gradi di analisi diffusi, il livello di sintesi delle singole voci risulta ampio e va dalla singola attività ai gruppi di attività. Nella tabella n. 2 dell'Appendice si

⁵¹ Le voci, che nel testo sono utilizzate anche al plurale, sono codificate esclusivamente al singolare.

presenta l'elenco delle voci di quarto livello fin ora utilizzate e aperto a ogni eventuale integrazione.

4.4.1. Area agricola/ortiva

La destinazione agricola o ortiva (primo livello) non è esclusiva dell'area esterna alla città; anche all'interno, infatti, esistono o sono esistiti orti, mentre aree che in un certo momento vengono urbanizzate potevano avere un uso agricolo nei periodi precedenti. Nel caso di Pisa, ad esempio, la struttura urbana della città basso medievale lascia ampi spazi non urbanizzati utilizzati come orti. Questa considerazione può essere valida anche per la città delle altre epoche storiche: per il tessuto rarefatto altomedievale, per la città romana, solo in parte coincidente con quella medievale, e per quella etrusca. Quest'ultima, in particolare, appare costituita da una pluralità di abitati che si estendono su una superficie assai ampia e che dovevano essere inframezzati da aree verdi, verosimilmente coltivate.

Al secondo livello si distinguono le aree che sono state oggetto di 'sistemazione agraria/centuriazione', gli 'orti' e i 'complessi agricoli/ville rustiche'.

La 'sistemazione agraria/centuriazione' comprende, al terzo livello, tutti gli interventi che predispongono i terreni per l'uso agricolo e che ne migliorano la produttività, le opere di confinazione e le tracce di coltivazione. Tali interventi sono comuni alle diverse epoche storiche, ma per la particolare organizzazione che questi assumono in età romana, rientrano più propriamente nel sistema di divisione del suolo definito centuriazione. Nella pianura pisana le opere di bonifica consistono principalmente nella regimazione delle acque di superficie tramite la realizzazione di 'argini fluviali', 'canali' navigabili e 'fossi', gli ultimi due utilizzati anche per l'irrigazione dei campi. Indicatori dell'uso agricolo sono poi i 'terrazzamenti', caratteristici delle aree collinari, e gli elementi che definiscono i 'confini' tra le proprietà (cippi di confine, muri, gli stessi fossi, viottoli o strade) e le tracce di coltivazione che rientrano nella denominazione 'terreno agricolo', come le buche realizzate per

mettere a dimora le piante da frutta o i solchi per l'impianto di vigneti.

La categoria 'orto' si articola, al terzo livello, in 'recinzione' e 'terreno ortivo'. La 'recinzione' è costituita da muretti di pietre, sistemate a secco o legate con malta, o da strutture realizzate in materiali deperibili, variamente assemblati. Il 'terreno ortivo' può essere caratterizzato dal colore scuro derivante dal disfacimento delle sostanze organiche utilizzate per la sua concimazione. Tali sostanze derivano spesso dai rifiuti domestici che possono inglobare anche frammenti di stoviglie in ceramica. Tracce di solchi o di buche per l'alloggiamento di piante costituiscono altri tipici indicatori dell'uso ortivo di un terreno. La sua distinzione rispetto a una generica area agricola è poi suggerita dal contesto, all'interno di un'area urbana o in prossimità di un edificio rustico.

La categoria 'complesso agricolo/villa rustica', infine, al terzo livello, comprende le voci 'pars urbana', 'pars rustica', 'pars fructuaria', 'casa colonica', 'ambienti/vani', 'cantina vinicola', 'fienile', 'frantoio', 'ovile', 'pollaio', 'porcile' e 'stalla'. Le prime tre voci fanno esclusivo riferimento alle ville rustiche di età romana che possono comporsi di una parte residenziale, destinata al proprietario del fondo, di una parte rustica, destinata alla servitù e a coloro che lavoravano nell'azienda, e di una parte destinata alla lavorazione e alla trasformazione dei prodotti.

4.4.2 Area produttiva

L'ampia categoria 'area produttiva' connota tutti i quartieri o le aree dedicate alle attività artigianali ed industriali. Le categorie che specificano con sempre maggiore dettaglio le varie produzioni consentono, attraverso le voci di secondo e terzo livello, di giungere fino alle singole tracce del ciclo produttivo, dalle varie installazioni fisse, ai 'semilavorati', agli 'scarti di lavorazione', comprese nelle voci di quarto livello.

Al secondo livello, l'area produttiva si articola in 'lavorazione dei metalli', 'lavorazione dell'argilla', 'lavorazione della pietra', 'lavorazione delle pelli/tessuti', 'lavorazione del vetro', 'lavorazione del legno', 'lavorazione alimentare' e 'lavorazione industriale'.

Le aree o le strutture per la 'lavorazione dei metalli' comprendono le 'strutture per la produzione del ferro', le 'strutture per la produzione del piombo' e le 'strutture per la produzione del rame'. Nell'ambito delle attività connesse alla lavorazione di un determinato metallo, possono essere distinte quelle rivolte alla produzione di particolari tipologie di manufatti, come la 'zecca', le 'strutture per la produzione del rame/campane' o le 'oreficerie'.

La categoria 'lavorazione dell'argilla' comprende le aree di estrazione dell'argilla, 'cava/coltivazione argilla', le 'strutture per la produzione di ceramica', 'le strutture per la produzione di laterizi' o più genericamente 'strutture per la produzione di ceramica e laterizi' quando non è distinguibile la produzione specifica o quando è accertata la produzione di entrambi i manufatti.

Della 'lavorazione della pietra' fanno parte la 'calcara', il forno per la cottura del calcare e la produzione della calce, talvolta affiancato dalla fossa di spegnimento della calce viva, 'cava/coltivazione della pietra', 'industria litica', con specifico riferimento ai luoghi di lavorazione di età preistorica, 'produzione manufatti litici', in relazione a qualunque altra attività legata alla lavorazione della pietra, compresi i laboratori artistici.

La 'lavorazione delle pelli/tessuti' comprende 'conceria', 'laneria', 'pellicceria', 'tessitoria', 'tintoria', 'calzaturificio', 'sartoria' e 'fullonica/gualchiera'. Quest'ultima voce fa riferimento alle strutture di età romana, medievale e postmedievale funzionali, entrambe, a una medesima attività di infeltrimento della tela di lana per renderla impermeabile.

Al terzo livello la 'lavorazione del vetro' e la 'lavorazione del legno' comprendono, rispettivamente, la 'vetreria' e la 'falegnameria', mentre la 'lavorazione alimentare' si articola in 'cantina vinicola', 'caseificio', 'frantoio', 'mulino', 'panificio', 'macello'; la 'lavorazione industriale' si compone infine di 'industria farmaceutica', 'industria chimica', 'industria meccanica'. È stata inoltre introdotta la categoria 'lavorazioni non id.' ('strutture legate a lavorazione non identificata') per codificare tutte quelle tracce genericamente riferibili ad attività produttive non meglio precisabili.

4.4.3 Area ad uso privato

In questa categoria rientrano tutte le aree di uso privato della città comprendenti il 'complesso abitativo', l' 'edificio abitativo' e le 'aree non edificate'.

Il 'complesso abitativo' riunisce i nuclei insediativi che compongono la città, che si pongono ai suoi margini o che si distribuiscono sul territorio. Possono essere stabilmente inquadrati nella griglia urbana come il 'quartiere' o l' 'insula', con specifico riferimento alla fase romana della città, o avere un carattere temporaneo e poco strutturato come l' 'accampamento'. La voce 'insediamento', proprio per la sua genericità, si presta a descrivere realtà diverse, anche distanti nel tempo: con tale definizione si possono indicare ad esempio i nuclei abitati di una città policentrica, come doveva presentarsi Pisa in epoca etrusca, quando appunto una pluralità di insediamenti si distribuivano su un'areale piuttosto ampio, oppure, in una realtà completamente diversa, le piccole borgate che cingevano il nucleo storico della città medievale.

L' 'edificio abitativo' fa invece riferimento alla singola unità o a insiemi di unità abitative, dalla capanna' alla 'palafitta' al 'palazzo'. Vi sono comprese tipologie abitative specifiche per certi periodi storici, come la 'casa torre' per il medioevo o la 'domus' e 'villa urbana' per l'età romana. La voce 'casa rurale' è riferita a quegli edifici che, pur inserendosi nel tessuto urbano, appaiono collegati a un'area ortiva. Il termine 'abitazione' è usato, in termini generici, quando non è specificata la tipologia abitativa. Anche singoli elementi possono essere indicatori di un edificio abitativo, come la 'corte' lastricata, che solitamente caratterizza certe tipologie edilizie, o il 'focolare' strutturato che può costituire una delle tracce più evidenti di una capanna in materiale deperibile.

Possono infine rientrare tra le aree a uso privato le 'aree non edificate' come il 'giardino privato' o aree non strutturate come semplici 'spiazzi'.

4.4.4 Area funeraria

Al primo livello, 'area funeraria', indica il luogo destinato alla deposizione di intere comunità o utilizzato, anche episodicamente, per la sepoltura

di singoli individui. Al secondo livello, l'area funeraria si articola nelle due categorie 'tomba/e' e 'area cimiteriale', a seconda che si tratti di singole sepolture o di più vasti sepolcreti organizzati in aree specificamente dedicate, con tombe singole o collettive. Volendo includere in un'unica categoria le aree destinate alla sepoltura organizzata dei defunti, indipendentemente dal periodo storico, abbiamo utilizzato la definizione di 'area cimiteriale', attribuendole un significato più ampio di quello proprio del termine 'cimitero'. La parola, che etimologicamente in origine allude semplicemente a un luogo di riposo, solo col cristianesimo passa infatti a indicare il luogo di sepoltura dei defunti, che in precedenza è definito necropoli. La definizione 'area cimiteriale' deve essere dunque intesa in un'accezione più ampia, comprensiva dei significati specifici di necropoli e di cimitero. Al terzo livello, sia per 'area cimiteriale', sia per 'tomba/e' sono previste le due grandi categorie 'a incinerazione' e 'ad inumazione', distinguendo così i due riti funebri impiegati nell'area oggetto di indagine. È solo al quarto livello che sono registrate le singole testimonianze materiali riferibili alle pratiche funerarie, comprendenti le tipologie di tombe attestate localmente, classificate sulla base dell'associazione di alcune variabili costitutive e dei segnacoli funerari.

4.4.5 Area ad uso pubblico

L'area ad uso pubblico è una voce estremamente generica che si compone di tutte le categorie di edifici e luoghi di uso comunitario. Al secondo e terzo livello, essa si articola in 'edifici ludici' ('anfiteatro', 'teatro', 'circo', 'ippodromo', 'stadio', 'campo sportivo', 'palestra', 'cinema'), 'edifici politico/amministrativi' ('basilica', 'curia', 'comizio', 'foro', 'sede di corporazione', 'carcere', 'curtis', 'palazzo', inteso come palazzo del potere), 'edifici igienico-sanitari' ('terme', 'latrina', 'ospedale', 'bagni', dai *balnea* medievali ai moderni bagni diurni), 'luoghi di culto' ('chiesa', 'battistero', 'campanile', 'cappella', 'oratorio', 'monastero', 'santuario', 'edicola votiva', 'sinagoga', 'tempio' e la voce generica 'area sacra'), 'edificio scolastico/didattico' ('asilo', 'scuola', 'università', 'museo', 'biblioteca/archivio'), 'struttura celebrativa'

('monumento', 'arco'), 'area non edificata' ('giardino/parco pubblico', 'spiazzo ad uso pubblico').

4.4.6 Infrastrutture

Le 'infrastrutture' comprendono varie tipologie di opere strutturate a prevalente uso pubblico, basilari per il funzionamento del sistema urbano. All'interno di quest'ampia categoria sono comprese numerose altre categorie di secondo livello. Un grande insieme di queste ultime è costituito dalle opere di ingegneria, come le 'infrastrutture viarie' ('vicolo', 'piazza', 'ponte', 'strada', 'strada centuriale', 'viale', 'ferrovia', 'stazione ferroviaria', 'stazione di posta', 'mansio', 'ospitale'). Strettamente connesse alle opere viarie vi sono quelle che utilizzano le vie d'acqua, le 'infrastrutture portuali/di navigazione' ('porto fluviale', 'porto marittimo', 'scalo/approdo', 'via d'acqua', 'arsenale' e 'cantiere navale') e ancora specifiche 'infrastrutture di servizio', come 'le stalle', le 'scuderie', le 'officine' o i 'distributori di carburante'. Nelle infrastrutture di ingegneria possiamo comprendere anche vari generi di opere a rete, come le 'infrastrutture di erogazione' ('rete delle telecomunicazioni', 'rete del gas', 'rete elettrica'), le 'infrastrutture idrauliche' che comprendono le opere vitali per il rifornimento idrico, come gli 'acquedotti', i 'pozzi', le fontane (anche nelle loro forme monumentali 'fontane/ninfei') e le 'vasche di raccolta', le opere di scarico, come il 'sistema delle acque chiare' o il 'sistema delle acque scure', i 'lavatoi' e le varie opere di contenimento delle acque di superficie, come gli 'argini'.

Vi sono poi le opere di servizio pubblico come le 'infrastrutture di smaltimento' ('discarica organizzata', il luogo dove vengono sistematicamente accumulati i materiali di scarto di tutte le attività umana, e le 'infrastrutture di immagazzinamento' ('magazzini sotterranei' – silos o cantine –, 'magazzini' in genere e 'horrea' in modo specifico per le strutture di età romana).

4.4.7 Area con funzione militare

L'area militare designa, al primo livello, l'ampia categoria delle zone urbane e periurbane destinate a tale funzione e comprendenti le due grandi categorie di secondo livello che distinguono le

‘strutture difensive’ e le ‘strutture di acquartieramento’.

Le ‘strutture difensive’ comprendono, al terzo livello, tutte le opere atte a difendere in modo più o meno attivo la città, prima fra tutte le ‘mura’. In questa definizione abbiamo voluto comprendere in modo sintetico la pluralità di opere che solitamente compongono il circuito difensivo della città: vi sono dunque comprese le cortine murarie, in senso stretto, con le merlature e i cammini di ronda, le porte fortificate con i ponti di accesso, i bastioni posti a loro difesa (come il bastione del Sangallo presso Porta a Lucca), i fossati e le torri che scandiscono il circuito. La voce ‘torre’ si riferisce invece alle strutture che, per quanto parte di un sistema difensivo più ampio, appaiono isolate, come la torre Guelfa. La voce ‘fortezza’ si riferisce a quei complessi, a loro volta dotati di bastioni, fossati, porte e torri, destinati ad ospitare guarnigioni militari. Anche se associate alle mura, tali opere possono avere una loro identità specifica, come nel caso di Pisa dove le fortezze medicee appaiono rivolte non tanto alla difesa quanto al controllo della città.

Le ‘strutture di acquartieramento’ comprendono gli ‘accampamenti militari’, come quelli interpretati in tal senso nell’immediato suburbio di Pisa attraverso la fotointerpretazione, pur in attesa di riscontri oggettivi, e le ‘caserme’ che fanno parte dell’edilizia storica anche della città attuale.

4.4.8 Strutture non determinate

Un caso assai frequente nelle diverse tipologie di fonti archeologiche è rappresentato dai contesti di cui non è stato possibile fornire alcuna interpretazione funzionale per i motivi più vari, dalla ristrettezza dell’area di scavo all’indagine solo parziale dei relativi depositi stratigrafici. Talvolta questa indeterminatezza funzionale è associata anche ad un’analoga incertezza cronologica: per categorizzare questi dati è stata dunque introdotta la voce specifica ‘strutture non determinate’.

4.4.9 Frequentazione

La categoria ‘frequentazione’ è assai generica e non determinata dal punto di vista funzionale. Al terzo livello comprende i ‘reperti mobili’, le ‘trac-

ce d’uso’ e un generico ‘non determinato’.

La voce ‘reperti mobili’ può essere utilizzata in diversi casi: quando, ad esempio, è registrata la presenza di materiali fuori contesto che, pur non essendo sufficienti per qualificare il tipo di insediamento di cui facevano parte, documentano la frequentazione dell’area in una determinata epoca. Assai spesso anche nei carotaggi, la presenza di reperti in contesti estremamente ridotti e in mancanza di altri indicatori specifici non consente che di attribuirli a una generica frequentazione.

Le ‘tracce d’uso’, come un ‘piano di calpestio’ o residui di ‘carbone’, in assenza di altri elementi che possano giustificare la loro presenza in modo più circostanziato, costituiscono generiche tracce di frequentazione.

Vi è infine la voce ‘non determinato’ che non è dovuta tanto alla tipologia del rinvenimento, quanto alla reticenza della fonte che non offre indicazioni sufficienti per una più circostanziata categorizzazione.

4.4.10 Non luogo

Con una definizione impropria quanto suggestiva, nel primo livello di sintesi abbiamo introdotto il concetto di ‘non luogo’ per designare le aree inutilizzate della città. Si tratta di un termine improprio perché ovviamente non esistono ‘non luoghi’, ma calzante per la sua capacità di evocare la precisa percezione di quelle aree da parte della comunità. Gli abitanti di una città, insediati nei vari quartieri abitativi, frequentano e usano gli spazi urbani in relazione alle loro funzioni specifiche. Esistono però dei luoghi che non vengono mai frequentati, neppure occasionalmente, e che non svolgono alcuna funzione. Si tratta di luoghi per così dire ‘sospesi’: certamente c’è stato un periodo in cui furono abitati, frequentati o usati e non è detto che questo non avvenga di nuovo in futuro, magari con dinamiche diverse, ma per un certo tempo la loro vita si è interrotta. Ciascuno può avere esperienza dei ‘non luoghi’ anche nelle città contemporanee: sono solitamente quegli spazi in cui cresce una vegetazione incolta, dalla quale possono emergere muri diroccati, una vecchia recinzione li cinge, mentre alcuni cartelli pubblicitari ne limi-

tano la visuale, finché non spariscono addirittura dalla percezione pubblica. È importante precisare che in questa categoria non rientrano quelle aree abbandonate dove in modo più o meno sistematico, magari anche contro espressi divieti pubblici, vengono gettati rifiuti e che si trasformano in discariche. È evidente infatti che questi luoghi continuano a svolgere una loro specifica funzione, per quanto degradata, e che la loro percezione risulta, al contrario, (spiacevolmente) amplificata.

Proprio per queste sue particolari caratteristiche, il 'non luogo' prevede una sola categoria al secondo livello, l'area defunzionalizzata: un luogo che ha perso la funzione che aveva in precedenza, qualunque essa fosse, e che non ne ha assunta nessun'altra. È questo l'effetto che producono indifferentemente le categorie del terzo livello in cui l'area defunzionalizzata si articola: l'abbandono, la 'distruzione', l'obliterazione e la 'spoliazione'. Queste sono segnalate da varie tipologie di ritrovamento del quarto livello, come strati di 'macerie/crollo', 'carboni', 'rasature' o la formazione di depositi naturali.

4.4.11 Area commerciale

L'area commerciale, a carattere prevalentemente urbano, costituisce il macro insieme di primo livello che comprende tutte quelle zone dedicate all'esercizio del commercio o al settore alberghiero. Queste due specifiche attività appaiono codificate nelle categorie di secondo livello, dove sono definite rispettivamente 'struttura di vendita' e 'struttura ricettiva'. Ciascuna di queste, al terzo livello, si articola in differenti tipologie funzionali.

Della 'struttura di vendita' fanno parte il 'mercato', l'osteria, la 'bottega/taberna' e il 'postribolo'. Dalla voce 'mercato', che indica lo spazio e le strutture destinate all'attività commerciale di ogni epoca, è stata distinta la voce 'macellum' per la peculiarità tipologica del mercato alimentare di età romana, composto da un cortile porticato e fiancheggiato da botteghe. In modo analogo, oltre alla voce 'osteria', è stata introdotta anche la voce 'thermopolium/caupona' per indicare il particolare locale di età romana

caratterizzato dalla presenza di un bancone, con giare inserite all'interno per contenere liquidi o cibi, e fornelli per scaldare bevande o zuppe. Alla generica voce 'bottega' è associata la voce 'taberna', che indica il tipico locale di età romana, costituito da un grande ambiente dotato di un'ampia apertura e spesso dotato di un retrobottega e di una scala per salire a un vano superiore con funzione abitativa (*pergula*). Quando nella *taberna* si vende la merce direttamente prodotta, il locale svolge anche la funzione di officina. Il termine 'bar' indica invece le strutture contemporanee che presentano caratteristiche solo forzatamente estendibili a quelle degli analoghi locali antichi.

La 'struttura ricettiva' comprende la 'locanda' dotata di spazi per il consumo di pasti e per il pernottamento, con dimensioni e servizi decisamente inferiori rispetto a quelli del più moderno 'albergo'.

[F. F.]

4.4.12 Contesto naturale

Il IV livello è costituito dalla descrizione della litologia dei depositi 'naturali' intercettati, mentre il I costituisce il 'contesto naturale' più generale ed ampio al quale sia possibile ricondurre il dato acquisito; all'interno del I livello possono essere distinti i diversi subambienti che hanno caratterizzato una data area geografica nel corso del tempo.

Molto spesso, però, l'eterogeneità dei dati e la lacunosità nella descrizione dei depositi, soprattutto dal punto di vista geologico, rendono difficoltoso il processo di ricostruzione a ritroso dal IV al I livello, spesso non consentendo di seguire puntualmente i criteri utilizzati per la classificazione degli ambienti deposizionali noti e accettati nella letteratura geologica (si veda ad esempio RICCI LUCCHI 1980).

Su questa base e, soprattutto, tenuto conto delle finalità archeologiche del progetto, si è ricorso ad una terminologia che rendesse immediata a qualsiasi fruitore l'informazione più generale inerente il contesto naturale.

Nel caso specifico il II livello comprende gli ambienti:

- | | | |
|-------------------------------------|---|--------------|
| 1) marino-costiero-deltizio | } | marino/misto |
| 2) fluviale (di pianura/di conoide) | | |
| 3) eolico | } | continentale |
| 4) lacustre | | |

Il termine 'marino-costiero-deltizio' viene qui usato come sostitutivo del sistema deposizionale marino e dei sistemi deposizionali misti (transizionali) deltizio e litorale.

Nel III livello, corrispondente agli ambienti 'marino-costiero-deltizio', possono essere distinti i seguenti depositi di:

- | | | |
|-------------------|---|--|
| Ambiente deltizio | } | • canale distributore |
| | | • aree interdistributrici (argine/rotta fluviale/piana inondabile) |
| | | • lago e palude |
| | | • baia |
| | | • subdelta |
| Ambiente litorale | } | • spiaggia emersa |
| | | • spiaggia sommersa |
| | | • cordone litorale |
| | | • intercordone |
| | | • laguna |
| | | • terrazzo marino |

Sono ricollegabili all'ambiente litorale', nello specifico ai depositi di spiaggia emersa e/o di cordone litorale, anche i 'depositi eolici (s.l)'. Essi infatti costituiscono la rielaborazione da parte del vento di depositi che, per genesi e posizione, sono riconducibili all'ambiente marino-costiero.

Diamo di seguito una breve descrizione dei singoli depositi.

- 'Deposit di canale distributore': depositi per lo più sabbiosi, da grossolani a fini, organizzati di norma secondo sequenze *fining-upward* con base erosiva. Spesso è presente un alto contenuto in sostanza organica decomposta e resti vegetali legnosi. Talvolta possono essere presenti bioclasti.
- 'Deposit di aree interdistributrici': depositi di argine, rotta fluviale e piana inondabile con caratteristiche simili ai depositi di tracimazione descritti successivamente nel caso del sistema fluviale.

- 'Deposit lacustri e palustri': depositi a prevalente granulometria fine (alternanze di argille e limi), caratterizzati dalla presenza di sostanza organica, particolarmente abbondante nel caso dei depositi palustri (torba). Sono caratterizzati da una consistenza plastica. Il colore di norma va dal grigio al grigio scuro.

- 'Deposit di baia': depositi a granulometria prevalentemente fine (limi e argille), di colore grigio e consistenza plastica. Presenti resti di molluschi. Possono essere presenti livelli sabbiosi.

- 'Deposit di subdelta': depositi caratterizzati da sabbie-sabbie fini, che costituiscono piccole sequenze *coarsening-upward* di riempimento della laguna.

- 'Deposit di spiaggia emersa': depositi ben classati, a granulometria sabbiosa e/o ghiaiosa. Presenti talvolta frammenti vegetali, legni e bioclasti.

- 'Deposit di spiaggia intertidale-sommersa': depositi abbastanza ben classati, da sabbiosi/ghiaiosi a sabbiosi, che riflettono i diversi sottoambienti (*foreshore, shoreface* superiore e inferiore).

- 'Deposit di cordone litorale': depositi costituiti da sabbie, ben classati, prevalentemente sabbiosi.

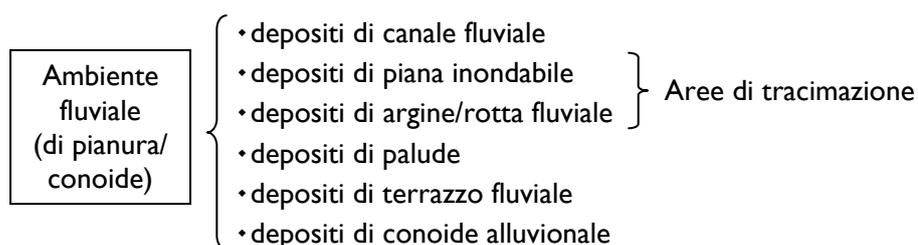
- 'Deposit di intercordone': depositi prevalentemente sabbiosi, ben classati, in cui è possibile trovare associati, nella parte più superficiale, sedimenti fini (argille e limi) e sostanza organica.

- 'Deposit di laguna': depositi fini (argille e limi), con consistenza plastica e colore grigio: frequentemente sono presenti valve anche unite di molluschi, riferibili al genere *Cardium*.

- 'Deposit di terrazzo marino': depositi da ghiaiosi a sabbiosi, fossiliferi.

Gli ambienti fluviale (di pianura/di conoide) eolico e lacustre costituiscono nel complesso ambienti deposizionali continentali.

Poiché nell'area oggetto del presente studio è presente esclusivamente l'ambiente fluviale, descriviamo solo i sottoambienti (III livello) in cui questo si articola questo sistema:



- ‘Depositi di canale fluviale’: depositi sabbiosi e/o ghiaiosi legati a processi trattivi, caratterizzati da una base erosiva ed organizzati in sequenze *fining-upward*. Possono contenere bioclasti in frammenti e frammenti di origine vegetale.
- ‘Depositi di piana inondabile’ (drenata-non drenata): depositi fini (argille e limi) legati a fenomeni di tracimazione e legati a processi di decantazione. Caratterizzati da colori chiari (ocra- nocciola), da una certa consistenza e dalla presenza di ossidi ferro-manganese e concrezioni carbonatiche nel caso di sedimento in esposizione subaerea; caratterizzati da colori grigio-azzurri e da una minor consistenza nel caso di persistenza di una lama d’acqua che non permette l’esposizione del sedimento. Il termine ‘piana inondabile’ è stato usato per indicare i depositi di tracimazione che caratterizzano le aree più lontane dal canale e che sono legati prevalentemente a processi di decantazione.
- ‘Depositi di argine/rotta fluviale’: depositi legati all’attività di tracimazione del canale nelle adiacenze del canale stesso. Alternanze cicliche (doppiette) di depositi sabbiosi e fini, con tracce di alterazione subaerea nel caso dei depositi di argine; depositi sabbiosi assimilabili a piccola scala a quelli di canale, di spessore generalmente superiore ai 30 cm e organizzati in piccole sequenze *fining-upward* nel caso dei depositi di *crevasse* e depositi sabbiosi caratterizzati da uno spessore generalmente superiore ai 30 cm organizzati in piccole sequenze *coarsening-upward* nel caso di depositi di *splay*. Il termine ‘area di tracimazione’ è stato usato per indicare i depositi di tracimazione a margine del canale, ovvero i depositi di argine e di rotta fluviale (*crevasse splay*), caratterizzati da granulometrie da fini a sabbiose e legati a processi di trazione e decantazione.
- ‘Depositi di palude’: depositi fini, legati a processi di decantazione che si realizzano in aree depresse della piana inondabile, con presenza di acque basse e di una vegetazione rigogliosa. Si tratta di argille e limi caratterizzati da abbondante sostanza organica, che conferisce al deposito una colorazione scura, e da consistenza plastica. Possono essere presenti gusci e frammenti di gasteropodi dulcicoli.
- ‘Depositi di terrazzo fluviale’: depositi costituiti da sabbie e ghiaie che si chiudono al tetto con depositi fini limosi/argillosi. Fenomeni pedogenetici possono interessare in vario grado la successione.
- ‘Depositi di conoide’: si veda il caso specifico. I depositi cambiano caratteristiche a seconda che interessino le diverse porzioni della conoide (prossimale, intermedia, distale).

[S. G., V. R, G. S.]