



Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN
"SCIENZE e TECNOLOGIE per l'ARCHEOLOGIA e i BENI CULTURALI"

CICLO XXIII

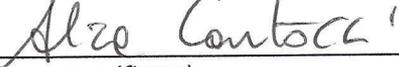
COORDINATORE Prof. Carlo Peretto

Analisi del Paesaggio dell'Alta Valle del Tevere attraverso
tecniche di Remote Sensing e GIS.

Settore Scientifico Disciplinare L-Ant/10

Dottorando

Dott. Alice Cartocci


(firma)

Tutore

Prof. Leonardo Disperati


(firma)

Cotutore

Prof. Riccardo Salvini


(firma)

Anni 2008/2010

Corso di Dottorato in convenzione con



UNIVERSITA'
DEGLI STUDI
DI
SIENA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MODENA E REGGIO EMILIA

Aequam memento rebus in arduis
servare mentem

[...]

Omnes eodem cogimur, omnium

Versatur urna serius ocius

Sors exitura et nos in aeternum

Exsilium impositura cumbae.

Ricorda di mantenere la mente in equilibrio
nei momenti di difficoltà

[...]

Tutti siamo spinti allo stesso approdo,

la sorte di tutti è nell'urna e prima o poi
verrà

estratta e ci farà salire sulla navicella verso
l'eterno esilio.

(Orazio, II, 3)

A mio padre che non c'è più

A mia figlia che è arrivata

A mia madre che è ancora qui

Ed al balletto della vita

che ci fa entrare ed uscire di scena

a passi leggeri.

Sommario

1. Premessa e Obiettivi	7
1.1 Il Paesaggio: studio, ricostruzione e pianificazione	7
1.2 Il paesaggio dell'Alta Valtiberina Toscana – Obiettivi dello studio	9
2. Inquadramento dell'area di studio.....	13
2.1 Inquadramento geologico e geomorfologico	14
2.2 Geomorfologia della Alta Valle del Tevere	16
2.3 Inquadramento storico	18
3. Costruire e strutturare il paesaggio – Storia delle principali modificazioni.....	25
3.1 Modificazione del paesaggio archeologico dall'epoca romana a quella medioevale – lo spostamento del fiume Tevere e la creazione della “Reglia”	25
3.2. Modificazioni del paesaggio in epoca contemporanea – La creazione della diga di Montedoglio, Le attività estrattive e i laghi di cava e il riordino fondiario.....	26
4. Dati disponibili	32
4.1 Dati bibliografici	33
4.2 Fotografie Aeree	33
4.3 Sondaggi e analisi geotecniche di laboratorio	39
4.4 Dati cartografici.....	39
4.4.1 Cartografia tecnica e geologica	40
4.4.2 Cartografia storica digitalizzata e georeferenziata	41
4.4.3 Cartografia storica non digitalizzata.....	42
5. Metodi e Analisi.....	43
5.1 Metodi.....	43
5.1.1 Campagna di acquisizione dati progetto T-Mapp.....	44
5.1.2 Correzioni radiometriche	47
5.1.3 Correzione geometrica	49
5.1.4 Miglioramento spettrale e spaziale	51
5.1.5 Fotointerpretazione	55
5.2 Analisi.....	56
5.2.1 Il Sistema informativo Geografico.....	56
5.2.2 Creazione del geodatabase – gli strati informativi.....	57
5.2.2.1 Presenze archeologiche.....	59

5.2.2.2 Viabilità e percorsi.....	60
5.2.2.3 Assetto agricolo: gestione del demanio e ipotesi sulla centuriazione....	61
5.2.2.4 Idrografia.....	63
6. Discussione e risultati	66
6.1 Ricostruzione del paesaggio dell'Alta Valle del Tevere in epoca Romana.....	66
6.1.1 I paleoalvei	66
6.1.2 Viabilità nella zona all'epoca romana.....	71
6.1.3 La gestione agricola della vallata e ipotesi di ricostruzione della centuriazione	74
6.1.4 La carta del paesaggio in epoca tardo romana	76
6.2 Il paesaggio nel Tardo Medioevo le prime trasformazioni al paesaggio.....	78
6.2.1 Le trasformazioni all'idrografia e al sistema economico ed insediativo.....	78
6.2.2 La Viabilità – continuità e trasformazioni.....	82
6.2.3 La carta del paesaggio dell'alta Valle del Tevere post 1197	82
6.3 Epoca contemporanea – Le radicali trasformazioni al sistema idrografico e viario	83
6.3.1 La carta del paesaggio dell'alta Valle del Tevere in epoca moderna e contemporanea	86
7. Conclusioni.....	88
Ringraziamenti	90
Bibliografia	92

1. Premessa e Obiettivi

C. PLINIUS DOMITIO APOLLINARI SUO S.

"[...] Regionis forma pulcherrima. Imaginare amphitheatrum aliquod immensum, et quale sola rerum natura possit effingere. Lata et diffusa planities montibus cingitur, montes summa sui parte procera nemora et antiqua habent. [...] Prata florida et gemmea trifolium aliasque herbas teneras semper et molles et quasi novas alunt. Cuncta enim perennibus rivis nutriuntur; [...]"

(Plinio, *Epist.* V, VI)

PLINIO A DOMIZIO APOLLINARE

"[...] La zona è bellissima.

Immagina un anfiteatro immenso, che solo la natura può creare. Una vallata ampia e dolce recintata da monti ricoperti sulle loro cime da alte e antiche foreste. Prati floridi nutrono continuamente trifoglio ed altre erbe tenere e sempre fresche. Infatti sono alimentati tutti da corsi d'acqua perenni; [...]"

1.1 Il Paesaggio: studio, ricostruzione e pianificazione

La Convenzione Europea del Paesaggio, sottoscritta a Firenze da ventisette stati membri dell'Unione Europea nel 2000, ha definito in maniera univoca il paesaggio collegandolo alla percezione individuale del soggetto che lo vive e alle interazioni tra fattori naturali e antropici:

"Paesaggio" designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni" (Capitolo 1, art. 1 lettera a).

Il paesaggio rappresenta pertanto la "somma stratificata di tutti gli assetti e le configurazioni che esso ha assunto nei millenni passati" (Romani, 2008) ed "attraverso l'analisi del "sistema insediativo" e delle culture locali vengono così rilevate le componenti storiche, architettoniche, archeologiche, agrarie e della tradizione locale, (fisiche e non fisiche), ovvero vengono studiate le loro stratificazioni e le interrelazioni esistenti tra le parti, con l'eventuale espressione di giudizi di valore utili ai fini della pianificazione/progettazione" (Cinti 2008). Il paesaggio si presenta agli occhi come un sistema complesso e articolato e porta

le testimonianze stratificate dello scorrere del tempo e dell'interazione dell'uomo con le parti naturali che lo costituiscono.

Il paesaggio si può interpretare come la fusione di tre elementi: lo scenario naturale, la struttura sociale, e la cultura che vi risiede (Relph 1976). Quindi ricostruire il paesaggio significa analizzarne le componenti geologiche e geomorfologiche, il clima e le risorse. Significa comprendere le attività umane legate allo sfruttamento di tali risorse, lo spostamento di uomini e merci, le necessità agricole e produttive oltre che insediative che sul paesaggio fisico si innestano. Significa infine comprendere l'aspetto più difficile: quello legato al *genius loci*, definito dai significati e simboli che la cultura non materiale ha impresso sui due elementi precedenti, rendendoli così interpretabili da e con il pensiero.

Questi tre elementi sono inscindibili, ma si intrecciano in una evoluzione dialettica che si evolve nel corso dei millenni per cui il paesaggio odierno è testimone delle scelte delle attività e dei valori delle culture che lo hanno vissuto in un continuum temporale.

La ricerca sul paesaggio in Italia nasce negli anni sessanta con il lavoro di Sereni (1961) sul paesaggio agrario, come effetto della lenta stratificazione dell'attività agricola sul primitivo assetto naturale. Da questa prima definizione e studio di aspetti specifici della costruzione sono fioriti molti studi anche in ambito umanistico ed è nel lavoro di Cambi e Terrenato (1994) che è stata posta la pietra miliare della definizione di "paesaggio archeologico" e dei metodi di analisi e studio.

Gli studi più recenti si sono avvalsi in maniera sempre più consistente delle tecnologie informatiche per l'analisi dei dati geografici. Per la gestione di questi, infatti, in tutti gli ambiti della ricerca ma anche nella pianificazione e amministrazione territoriale, le tecniche note come Sistemi Informativi Geografici (GIS) offrono ad oggi il set di strumenti più versatile e flessibile per la conservazione e la gestione di informazioni di natura eterogenea, con il vantaggio di permettere anche analisi sia spaziali che numeriche.

"An Integrated package for the input, storage, analysis, and output of spatial information... analysis being the most significant" (Gaile e Willmott, 1989).

Questo è dovuto principalmente alla possibilità di inserire all'interno della stessa piattaforma informazioni di natura eterogenea (sia numerica che grafica) e di collegare le informazioni geografiche con database relazionali, offrendo la possibilità di utilizzare le caratteristiche di questi ultimi per la creazione di analisi qualitative e quantitative.

Studiare i paesaggi attraverso i sistemi informativi geografici è pertanto sempre più una necessità, non solo perché costituiscono degli strumenti per passare in maniera semplice da un livello di dettaglio della ricerca, concentrata sul sito archeologico o sullo scavo, a quello di contesto territoriale, ma anche per approfondire quelle relazioni tra gli elementi antropici ed archeologici con la preesistente struttura territoriale e morfologica.

Tra le discipline umanistiche, l'archeologia è stata tra le prime ad impiegare sistematicamente i mezzi informatici, ed in particolare i GIS, perché più di altre discipline ha a che fare con grandi moli di dati classificabili in categorie tipologiche.

I GIS rendono rapidamente consultabili le grandi quantità di documenti che servono per progettare gli interventi in campo e organizzare i ritrovamenti negli scavi archeologici o di studiare il contesto territoriale in cui questi si inseriscono, consentendo inoltre di passare agevolmente da studi a piccola a quelli su larga scala.

1.2 Il paesaggio dell'Alta Valtiberina Toscana – Obiettivi dello studio

L'alta valle del Tevere in Toscana ha subito nel corso dei secoli grandissime trasformazioni dovute all'intervento antropico che rendono complessa e molto strutturata la lettura del paesaggio attuale; ancor più complessa risulta essere la lettura in chiave diacronica del paesaggio archeologico. Il fiume, fonte di vita, di attività agricola e artigianale, primo artefice del paesaggio, grande costruttore e distruttore della valle, è stato per secoli attivo testimone della vita dell'uomo. È a lui che si chiede ancor oggi di raccontare la storia del passato e di svelare attraverso i segni che ha lasciato nel territorio, attraverso la sua interazione con la struttura geomorfologica e geologica, e soprattutto attraverso la sua

interazione con l'uomo, di ridisegnare il paesaggio archeologico della vallata a ritroso nei secoli.

L'intervento umano ha disarticolato negli ultimi anni il sistema paesaggio, ed è possibile identificare nella lettura paesaggistica attuale una serie di elementi costruttori ed elementi detrattori, laddove per i primi si intendono soprattutto gli elementi morfologici e per i secondi quelle opere spesso di intervento umano, o da esso causate, che sono capaci di creare destrutturazione per l'intero sistema (Cinti 2008). Nel territorio alto tiberino sono stati realizzati in particolar modo dagli anni settanta agli anni novanta del novecento interventi massivi connessi alla costruzione di infrastrutture e di opere idrauliche.

Ad oggi gran parte degli interventi che vengono affrontati sulla sistemazione paesaggistica riguardano proprio la eliminazione o un tentativo di integrazione degli elementi detrattori.

In particolar modo, le condizioni ambientali sono state completamente modificate dalla realizzazione della diga di Montedoglio. L'invaso derivato dalla costruzione dello sbarramento alto 50 metri, ha portato a sommergere ampie zone cancellando strade, tracce di insediamenti, vegetazione, al cui posto si trova oggi uno specchio d'acqua molto esteso con il suo nuovo microcosmo di relazioni ecologiche e visive.

L'ecosistema della golena del Tevere, ha inoltre subito un forte degrado per causa della lavorazione degli inerti, delle cave di ghiaia e sabbia. Successivamente però nel nuovo ambiente formato dai laghi di cava si sono creati nuovi equilibri, tanto che la vegetazione e la fauna sono protette dalla carta della natura della Provincia di Arezzo.

La valle del Tevere oggi, grazie allo sfruttamento della risorsa idrica della diga di Montedoglio, è caratterizzata da un'agricoltura intensiva con valide aziende agricole, che hanno però mutato il classico tessuto agrario a "grana fine" in uno a "grana grossa", molto diverso da quello originario anche dal punto di vista paesaggistico.

La zona ha una grandissima relazione con l'acqua quale elemento modellatore della morfologia, fonte di approvvigionamento idrico, confine, mezzo di trasporto, e "strada" in senso lato.

Ricordato nell'antichità da numerose fonti (Strabone, Varrone, Ovidio, Stazio, Lucano, Diodoro Siculo...) dalle quali viene sentito unanimemente come fiume etrusco, il Tevere ha assunto storicamente un valore di confine geografico, tra l'Etruria e le terre dei Sabini prima, dei latini poi e in seguito tra regio VI e VII. Questa fu nuovamente terra di confine tra Granducato di Toscana e Stato della Chiesa, ma non fu mai un netto confine culturale, come testimoniano le presenze archeologiche. Storicamente il Tevere ha svolto inoltre un ruolo come arteria economica della regione, laterizi e *trabes* prodotti qui percorrevano le acque del fiume per raggiungere i luoghi di destinazione.

Per la sua centralità nell'assetto paesaggistico della zona il Tevere e i suoi paleoalvei rappresentano pertanto un elemento che più di altri può fornire chiare indicazioni sulla ricostruzione archeologica dell'area e dare anche prospettive per la ricerca futura.

Questo lavoro, svolto presso il Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena nell'ambito del Dottorato in Scienze e Tecnologie per l'Archeologia e di Beni culturali dell'Università degli Studi di Ferrara (Dottorato consorziato tra più atenei) ha avuto origine dall'opportunità avuta dal Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena di poter disporre di dati fotografici e cartografici, e di un volo aereo specificamente dedicato all'acquisizione di immagini iperspettrali ad alta risoluzione spaziale per la ricerca in ambito archeologico.

Ricostruirne gli assetti antichi può rappresentare un utilissimo strumento di gestione territoriale e di prospettiva per la ricerca archeologica.

Tale studio si pone due obiettivi:

1. analizzare l'attuale contesto attraverso il remote sensing per ricostruire grazie al GIS il paesaggio dell'area in oggetto nelle differenti epoche storiche, in modo da poterlo consultare in senso diacronico, utilizzando inoltre dati di archivio, bibliografici e da telerilevamento e identificando

alcuni elementi di maggior rilevanza quali elementi costruttori del paesaggio sia naturali che di matrice antropica;

2. individuare anomalie sul terreno legate alla presenza dell'acqua, cercando di ricostruire la storia dell'assetto idrografico della zona in quanto elemento chiave di modellazione del paesaggio e strettamente connesso con la presenza di siti archeologici.

Tali obiettivi sono utili non solo per lo studio e la conoscenza del passato del territorio, ma anche nell'ottica della conoscenza della realtà ambientale odierna e della pianificazione territoriale (Salvini 2007).

2. Inquadramento dell'area di studio

La zona oggetto di studio è inserita nell'alta Valtiberina Toscana, una stretta vallata che si colloca lungo il margine più orientale della regione Toscana, al confine con l'Umbria; naturale sbocco dall'Appennino per chi proviene dalle Marche e dall'Emilia Romagna. È costituita da un complesso sistema idrogeologico inserito nell'Appennino tosco-romagnolo attraversato per circa 50 km dall'alto corso del fiume Tevere in direzione NordEst-SudOvest; questo, poste le sorgenti sul monte Fumaiolo, e dopo un brevissimo tratto in Emilia Romagna, entra in Toscana, nella provincia di Arezzo, con andamento torrentizio, prima di entrare in Umbria e proseguire il suo tragitto longitudinale verso Roma.

La Valtiberina Toscana è una delle quattro vallate da cui è composta la provincia di Arezzo, in cui è inserita insieme a Valdichiana, Casentino e Valdarno; La valle è delimitata ad Est e a Nord dall'Appennino Umbro Romagnolo, a Sud e ad Ovest i rilievi pre-appenninici umbro-toscani la separano rispettivamente dal Casentino e dalla Valdichiana. Sul versante umbro e romagnolo invece l'Alpe della Luna e la Massa Trabaria la separano dai bacini del Marecchia e del Metauro. In particolare, la zona oggetto di studio comprende a Nord la diga di Montedoglio e la parte meridionale dell'invaso che esso determina, ad Ovest è limitata dai rilievi rocciosi su cui ha sede la città di Anghiari, a Sud dal paese di Fighille e, ad Est dalla città di Sansepolcro (Figura 2.1).



2.1: Immagine dell'area di studio.

Attualmente l'alta Valtiberina Toscana è una zona a uso prevalente e ad alta potenzialità agricola, con coltivazioni estese rappresentate principalmente dai cereali e dal tabacco, colture che richiedono profondi interventi di meccanizzazione e soprattutto di sistemi di irrigazione estensivi.

2.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'Alta Valtiberina è una ampia zona alluvionale che può essere considerata un esempio di bacino intermontano, riempito da sedimenti quaternari, formatosi nel Plio-Pleistocene in seguito all'avvento della tettonica distensiva che fin da quel periodo interessava l'intero versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale.

In particolare nel Quaternario, si completa la formazione geologica del Bacino Tiberino, un ampio bacino fluvio-lacustre attivatosi nei suoi tratti meridionali dal Pliocene inferiore a seguito di fenomeni di estensione crostale delle porzioni della

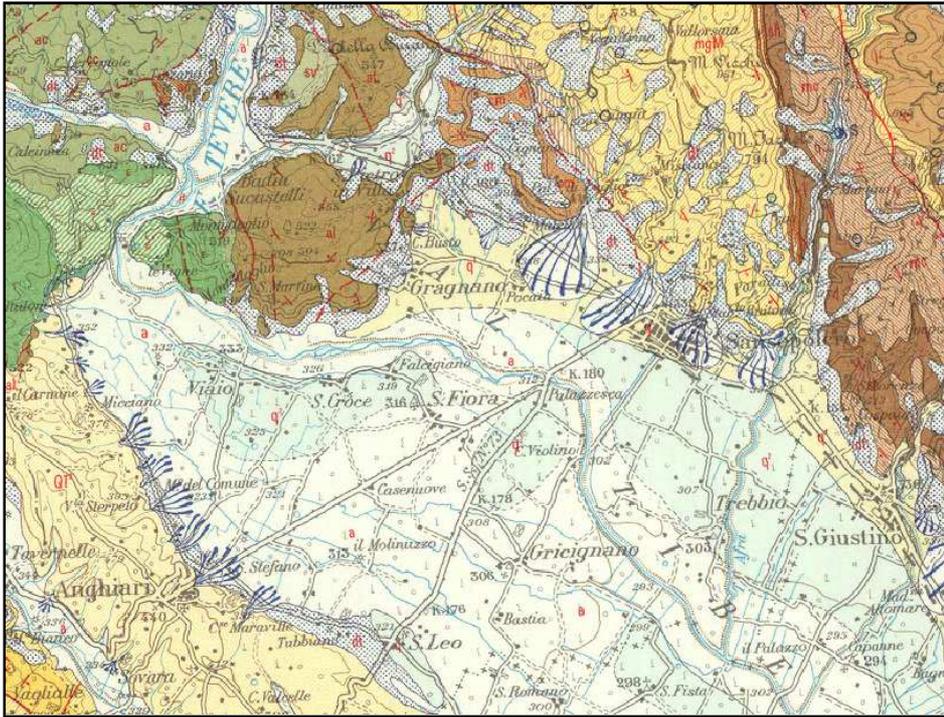
catena Nord-appenninica (Martini e Sagri, 1993). Quest'ipotesi, di una predominante estensione quale causa dell'attivazione e dello sviluppo del bacino altotiberino, sembra infatti trovare conferma da dati acquisiti grazie a dei profili sismici (Boncio e Lavecchia, 2001; Brozzetti et al., 2001), che mettono in evidenza come il bacino sia una fossa tettonica asimmetrica caratterizzata da una faglia principale con immersione verso SudOvest con un importante corredo di faglie normali sintetiche, e subordinate faglie antitetiche sul margine orientale, con andamento NordOvest-SudEst. A questo sistema di faglie si sovrappone un sistema di faglie trasversali, la cui cinematica sembra essere normale ma anche con componente orizzontale.

La pianura di Anghiari-Sansepolcro costituisce la depressione tettonica più settentrionale riferibile all'antico Lago Tiberino (Albani, 1962): essa si estende dal limite di Montedoglio a Nord a Città di Castello a Sud.

In corrispondenza di questa depressione il fiume Tevere, che fino a questo punto ha le caratteristiche di un torrente montano, si svolge in un'ampia valle alluvionale.

Essa è caratterizzata dalla diffusa ed estesa presenza di depositi clastici di natura prevalentemente alluvionale, che si sono depositi durante il Pleistocene e l'Olocene.

I depositi di riempimento del bacino, di ambiente fluvio-lacustre, riferibili al Pleistocene, sono rappresentati dall'alternanza di sedimenti ghiaioso-ciottolosi, sabbiosi e limo-argillosi, con prevalenza di quest'ultimi nella parte basale della successione. Essi affiorano solo sul bordo occidentale del bacino ed occupano una stretta fascia. Il limite occidentale di questi depositi è rappresentato dalla valle del torrente Sovara, mentre ad Est le alluvioni attuali e recenti del fiume Tevere non permettono il loro affioramento (Giusti 2001). Il raccordo tra i depositi pleistocenici e le alluvioni del fiume Tevere avviene mediante conoidi coalescenti (figura 2.2).



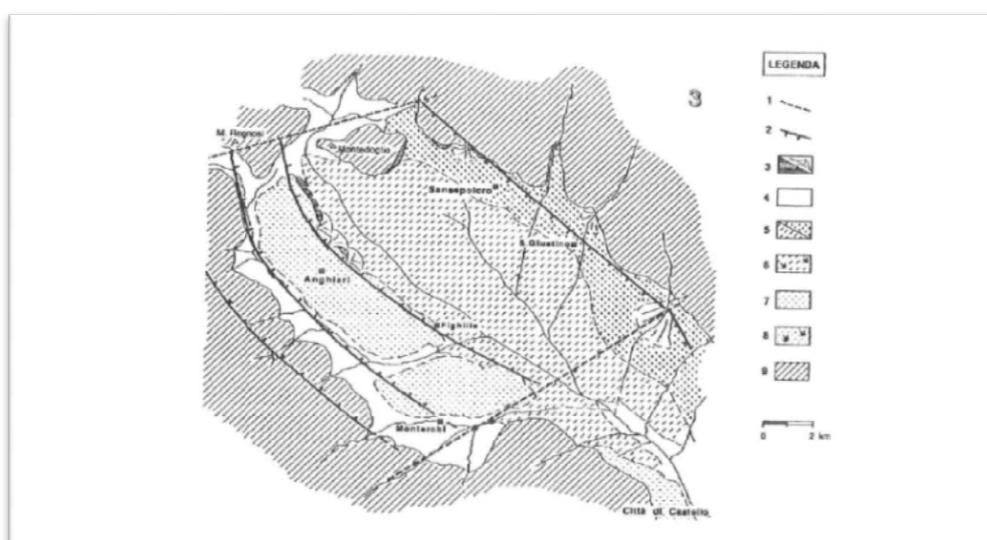
2.2: La geologia dell'area di studio tratto dalla cartografia in scala 1:100.000 (Foglio 115 - Città di Castello).

2.2 Geomorfologia della Alta Valle del Tevere.

Lo studio geomorfologico più attendibile dell'area oggetto di studio si deve a Cattuto et al. (1995) che identifica 4 fasi principali nella formazione della morfologia della vallata poi riprese in Bartolomei (2010).

La morfologia dell'Alta Valtiberina è dominata dalla formazione di un ampio bacino di origine tettonica già nel Pleistocene inferiore. In esso si deposita una potente sequenza fluvio-palustre prevalentemente argillo-sabbiosa. Dopo la formazione della dorsale di Anghiari si ha una interruzione del deflusso della corrente da Est nel Pleistocene medio-orientale e si forma il Bacino di Anghiari.

È nel Pleistocene superiore che avvengono le ultime modifiche del paesaggio con il definitivo svuotamento di tutti i bacini palustri presenti (figura 2.3). Il Tevere lascia superfici terrazzate a varie quote, mentre nelle aree golenali o in quelle più depresse si formano terreni paludosi ancora in epoca storica.



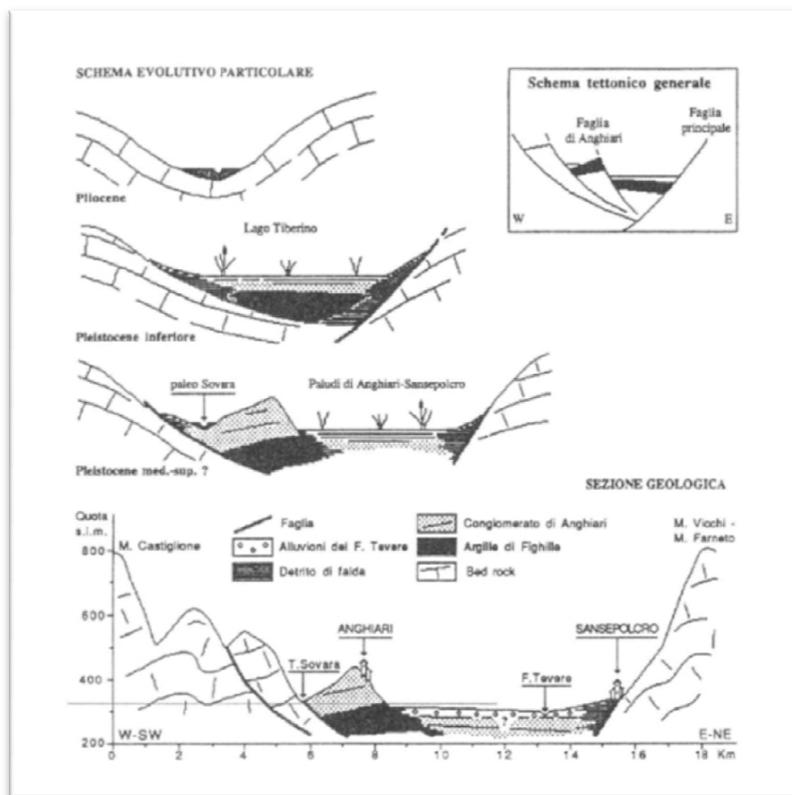
2.3 – Fasi di svuotamento del bacino lacustre della formazione geomorfologica della vallata, (da Bartolomei 2010)

Secondo la ricostruzione di Cattuto le linee di drenaggio principali di svuotamento del bacino sono due: una parallela alla faglia di Anghiari e una che corre più a Nord -est proveniente da Sansepolcro incidendo gli strati lacustri più antichi e causando alluvioni che determinano l'attuale stato dei sedimenti come riportato nella carta geologica e nella figura 2.2

La definitiva configurazione del tracciato del Tevere viene raggiunta solo in epoca recente anche per interventi antropici effettuati fino dal Medioevo.

Il fiume Tevere ha modellato la pianura ed ha creato una florida economia agricola ed industriale, ma per comprendere esattamente l'assetto morfologico della valle in epoca antica è fondamentale tenere presente che attualmente il

corso del fiume è sbarrato all'imboccatura della valle dalla diga artificiale costruita nel secolo scorso che ha determinato una profonda trasformazione: il fiume infatti aveva carattere torrentizio e presentava un flusso irregolare molto legato alla stagionalità con correnti forti ed abbondanti durante l'inverno che allagavano in maniera estesa il fondovalle. Questi dati devono essere tenuti ben presenti perché hanno condizionato profondamente le scelte insediative delle epoche antiche. Tutta l'area golenale del fiume e anche buona parte della pianura immediatamente a valle dell'invaso non erano idraulicamente sicure, e le acque allagavano i campi rendendoli inadatti alla abitazione.



2.7 Sezione dello schema evolutivo (Cattuto et al. 1995)

2.3 Inquadramento storico

Da sempre la zona ha rappresentato un punto di passaggio strategico per collegare trasversalmente il Paese, in particolare per congiungere l'Emilia con Roma, poiché rappresenta il passaggio più semplice per attraversare l'Appennino. Per questo motivo è stata inoltre zona di confine, a partire

dall'epoca romana (tra Etruschi e Umbri prima e tra Regio VI e VII in seguito) e ancora nel Medioevo (tra Longobardi e Bizantini), fino a giungere all'epoca moderna tra Granducato di Toscana e Stato della Chiesa.

Vista la centralità storica e strategica dell'area, ci si potrebbe aspettare una ricchezza di reperti archeologici: Etruschi, Umbri, Piceni, Galli prima, Romani poi, Longobardi, tantissime le popolazioni che hanno condiviso la loro storia in questa pianura, dove il Tevere fu via di comunicazione e scambio tra popoli. A fronte di questa intensa attività insediativa però le testimonianze archeologiche ed i rinvenimenti ad oggi effettuati non si caratterizzano per una ricchezza quale ci si potrebbe aspettare (Salvini e Lelli 2010).

La storia della ricerca archeologica in Valtiberina è relativamente recente: il primo studio archeologico esaustivo della zona risale infatti al 1930 quando Diringer redasse la carta archeologica della zona sulla base cartografica del Foglio 115 IGMI, censendo non solo la provincia di Arezzo ma anche il versante umbro dell'Appennino (Diringer 1930).

Gli studi sono proseguiti in maniera sporadica e saltuaria, finché negli anni ottanta e novanta, l'imminente costruzione della diga di Montedoglio non ha fatto emergere la necessità di salvare le emergenze architettoniche ed archeologiche della zona che sarebbe in seguito stata sommersa dall'invaso e interessata dalle opere connesse.

Epoca preistorica

L'epoca preistorica ha restituito alcune testimonianze di un certo interesse: su una ventina di siti si sono rinvenuti strumenti in pietra. In particolar modo il sito del Trebbio, dove sono attualmente attive missioni archeologiche di scavo da parte del dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti" dell'Università degli Studi di Siena.

Le prime attestazioni risalgono al paleolitico inferiore con ritrovamenti su scheggia. Di particolare interesse sono i ritrovamenti testimoniati sui Monti Rognosi, databili approssimativamente tra 200 e 300 mila anni dal presente, che rappresentano un unicum della zona e che testimoniano come la località rappresentasse un luogo di sfruttamento litico per l'abbondanza di materie prime.

Gli strumenti finiti rinvenuti sono un numero limitato, rispetto ad una gran massa di schegge brute di raschiatoi, denticolati, choppers, poliedri e discoidi.

Il periodo Acheuleano è testimoniato da una quindicina di siti da cui proviene industria litica, addensati nell'area a Sud di Anghiari, stimabili in un periodo risalente a circa 120 mila anni dal presente.

L'Aurignaziano è invece testimoniato da pochi strumenti in selce (strumenti su lama e grattatoi carenati raccolti in superficie), mentre le testimonianze del periodo Epigravettiano sono ridotte ad un solo piccolo gruppo di oggetti rinvenuti nel sito della Consuma.

Del successivo periodo Eneolitico si hanno più numerosi ritrovamenti, concentrati anche questi intorno alla località Consuma. (Moroni e Ronchitelli, 1992)

Di particolare importanza è notare la relazione del sito del Trebbio con l'antico assetto delle risorse idriche in quanto si trova posizionato su di un paleoalveo del torrente Afra, ma in zona elevata per garantire una sicurezza idraulica rispetto alle frequenti alluvioni che interessavano la zona. (Benvenuti et. al 2009)

Epoca etrusca

Colpisce particolarmente la povertà di materiale archeologico ritrovato per l'epoca etrusca, anche se la zona doveva ricadere sotto l'influenza di Arezzo che è centro etrusco molto importante. Si può presumere che questa valle fosse di confine con il Tevere che fungeva da spartiacque tra Etruschi e Umbri, Piceni e Galli dall'altra parte. Si tratta però di un confine labile, come già ricordato, non limite insormontabile, soprattutto tenendo in considerazione i profondi rapporti instauratisi tra le culture. In particolar modo secondo recenti studi (Sisani 2008) il Tevere nel primo tratto del suo corso non svolgeva funzione di confine ma tutta l'Alta Valtiberina era da ritenersi etrusca.

A Micciano in loc. Valle si sono rinvenuti bronzetti etruschi databili IV-III secolo a.C. ricollegabili ad una stipe votiva; un altro deposito votivo è stato rinvenuto nei pressi di villa Sterpeto, in località Bagno a Nord di Anghiari; a Palazzolo-Aboca si è trovato un bronzetto etrusco di offerente femminile di epoca ellenistica (Zamarchi Grassi e Scarpellini Testi 1992).

Epoca Romana

Anche per l'epoca romana si prende avvio dai materiali dispersi sul territorio che provengono per la maggior parte da rinvenimenti sparsi, per tentare di ricostruire l'assetto della sistemazione della valle (Fedeli et al. 1995).

Le testimonianze dell'epoca romana sono ampiamente diffuse "a macchia di leopardo" nella zona. I rinvenimenti sono però stati fortuiti per la maggior parte dei casi e poche sono le zone soggette a scavo archeologico. In particolare lo scavo presso Le Vignacce focalizza l'attenzione sul sistema di ville e insediamenti pedemontani della Valtiberina (Lelli e Salvini 2009).

La zona, quale attraversamento dell'Appennino ha svolto un ruolo importante in epoca repubblicana per le comunicazioni tra versante Riminese, Arezzo e Roma soprattutto tra III e II secolo a.C. ma ancora, seppur con minor rilievo, in epoca augustea (Tagliaferri 1991).

Tutto ruota intorno alla *via Ariminensis*, arteria strategica per quanto riguarda il traffico commerciale e militare nel momento della deduzione di *Ariminum* ed in seguito per lo spostamento di truppe durante la spedizione di Annibale. L'importanza di questa arteria è testimoniata dalla presenza dei grandi ponti sul Tevere. Buona parte dei reperti archeologici e degli insediamenti sono disposti lungo questo asse viario.

L'epoca augustea è quella che, stando ai numerosi reperti di quest'epoca, vede maggior sviluppo ed organizzazione della valle.

Testimonianze scritte della centuriazione tra I secolo a.C. e I secolo d.C. nella piana sono rintracciabili nelle fonti, anche se sul terreno oggi risulta particolarmente difficile rintracciarne le tracce (Pocobelli 2010).

I numerosi piccoli insediamenti nati vicino ai fiumi dovevano basare la propria economia di sussistenza sull'allevamento ovino, sulla coltura dei cereali, e sullo sfruttamento dei boschi. Questi fornivano risorse dal punto di vista alimentare con la raccolta delle castagne, e da quello commerciale con l'utilizzazione del Tevere per inviare legname verso Sud, come riferisce Strabone¹ che menziona i grandi

¹ Strab. *Geogr.* V 2,5.

tronchi di abeti. Del legname di qualità dell'Etruria parla anche Varrone², e dei castagni dell'Appennino riferiscono anche Plinio³ e Palladio⁴.

Le *Villae* collinari dovevano invece fondare la propria economia sulla produzione di vino grazie alla coltura estensiva della vite (Braconi 2008).

Le risorse minerarie (rame e ferro) erano disponibili sui Monti Rognosi e sfruttate fino al 1800, e fornirono la materia prima all'industria del vasellame, alla produzione di statuette e forse ad una fucina di armi (Zamarchi Grassi, Scarpellini Testi 1992).

Medioevo

La vallata in epoca altomedioevale e medioevale sarà luogo di confine e terra di scontri tra Bizantini e Longobardi con testimonianza di entrambe le culture sia in reperti che nella toponomastica.

La disposizione di edifici cultuali, chiese e pievi, nel medioevo segue da presso la presenza d'epoca Romana secondo uno schema di transizione da paganesimo al cristianesimo tipico anche di altre zone d'Italia.

Dopo la prima fase dell'incastellamento feudale una seconda fondamentale fase di strutturazione e di promozione economica della valle si attua per opera dei frati Camaldolesi insediatisi nella Badia di Anghiari e in quella di Sansepolcro. In questo periodo si manifestano i primi fattori di differenziazione gerarchica e funzionale nel sistema omogeneo dei castelli, con la nascita di qualità urbane nel castrum di Anghiari e nel libero comune di Sansepolcro. I centri agricoli più importanti sono rappresentati dal nucleo di Motina e dalle corti di S. Croce, Viaio, S. Fiora (Tagliaferri 1991).

Il periodo a cavallo tra il XII ed il XIII secolo è fondamentale per la sistemazione del paesaggio della vallata. La piana, infatti, dopo un periodo di abbandono dell'agricoltura organizzata era soggetta a continui allagamenti da parte del Tevere. La zona pianeggiante sotto Anghiari, era resa paludosa dalle acque

² Varr. I 9, 6.

³ Naturalis Historia, XVI 206-212; XVII 147.

⁴ Pall. V 2, 9.

stagnanti, che fuoriuscivano dal letto del fiume durante le piene invernali. Questo fattore era determinato da un innalzamento del letto del fiume a causa del depositarsi dei sedimenti. Per risolvere questo problema e rendere nuovamente produttive le terre per l'agricoltura e l'allevamento il fiume venne spostato, secondo la testimonianza dello storico Taglieschi, "in un luogo capace di ricevere tutte l'acque che scorrevano sino dell'alpi, in modo che in breve tempo resero sano e fruttifero quel bel luogo" (Vivoli 1992).

Si tratta della cesura più forte in epoca antica e che sarà determinante sia per l'assetto del paesaggio attuale sia sulle conseguenze forti che ha avuto sul patrimonio archeologico.

La pianura viene contemporaneamente bonificata attraverso un sistema di canali che permette l'irrigazione ed alimenta anche la nascente industria dei mulini che avrà un ruolo determinante per lo sviluppo economico della vallata (PSS).

Quella dei mulini è la principale risorsa economica della vallata: si tratta di mulini per la molitura delle granaglie come testimoniato dall'unico mulino ancora oggi in funzione, il Mulino di Catorcio, il primo costruito lungo la gora dei mulini. La gora però era denominata nei testi di archivio "dell'acquaviola" e questo, oltre all'importanza della produzione tessile nella zona, fa pensare che alcuni di questi mulini fossero anche a gualchiera per le produzioni tessili, anche se non ne sono sopravvissuti, ma un toponimo "gualchiera" è attestato nel catasto lorenese per un mulino posto nei pressi del Torrente Tignana. Parallelamente infatti l'attività agricola produceva il guado (pigmento derivato dalla *Isatis tinctoria*) per la produzione di pregiati tessuti color indaco. A testimonianza dell'importanza delle attività connesse con l'industria dei mulini medioevali ancora in età contemporanea sono presenti sul territorio industrie fiorenti che si occupano di trasformazione dei cereali e di produzioni tessili.⁵

Epoca moderna

L'abitato sparso si diffonde già a partire dal XIV-XV secolo secondo la tipologia originaria della casa-torre, con la parallela affermazione del sistema mezzadrile,

⁵ Basti pensare alla ditta Buitoni, per la trasformazione dei cereali, ed alle ditte Busatti ed Ingram, per la produzione e la confezione dei tessuti.

mentre la tipologia della villa-fattoria è pressoché assente nella piana, eccetto i casi della fattoria del Guerriero e di Gricignano (PSS).

3. Costruire e strutturare il paesaggio – Storia delle principali modificazioni

Sulla base dei dati a disposizione, è stato fondamentale studiare le principali fasi di rottura che il territorio ha vissuto. Tali eventi significativi hanno un duplice valore, non solo perché hanno lasciato il loro segno sul paesaggio attuale ma anche perché hanno avuto impatto sul patrimonio archeologico preesistente.

Tali eventi sono stati pertanto ricostruiti, attraverso la ricerca e l'elaborazione dei documenti e della bibliografia, per valutarne l'impatto strutturale sul paesaggio e sulle scelte insediative umane e per quantificare le conseguenze che possono aver avuto sul patrimonio archeologico.

3.1 Modificazione del paesaggio archeologico dall'epoca romana a quella medioevale – lo spostamento del fiume Tevere e la creazione della “Reglia”

In epoca romana è testimoniata una prima strutturazione dell'assetto agrario del fondo valle, in particolar modo nell'*ager Tifernum*, (Grom. Vet. 224, 1-55 L.) nel *municipium* di Città di Castello, ma la ricostruzione di una possibile centuriazione non è però così attendibile e sicura anche per il territorio compreso tra Anghiari e Sansepolcro.

In epoca medioevale il territorio dell'alta Valtiberina entra all'interno della proprietà dei frati camaldolesi per donazione da parte dei feudatari della zona, i conti di Montedoglio e da Galbino. Con la costruzione delle abbazie dei frati si assiste ad una nuova organizzazione agricola del territorio non solo per lo sfruttamento dei campi ma anche per quello artigianale legato alla molitura. Fioriscono infatti in quest'epoca i mulini ad acqua che sfruttano la complessa rete idrica della vallata (Orefice 2005).

Uno dei più grandi fattori di trasformazione della valle, grande *ictus* per l'assetto paesaggistico e per le testimonianze archeologiche, è rappresentato dal 1197

quando gli abitanti di Anghiari e i conti di Montedoglio autorizzarono gli abitanti di Sansepolcro a deviare il corso del Tevere per farlo passare più vicino alla loro città. Le fonti di archivio riportano che “gli Anghiaresi, per il beneficio fatto ai Borghesi (i.e. gli abitanti di Borgo San Sepolcro) per la concessione del fiume, allargarono i confini del contado di un miglio e mezzo” (Vivoli 1992).

Come ricordato precedentemente, circa 30 anni dopo la deviazione del Tevere viene scavato inoltre un canale principale nel territorio del comune di Anghiari e Citerna, con il contributo di questi comuni, definito in vari modi: “reglia dei mulini” o “gora”. “Vi furono fabbricati undici mulini con grande spesa dei contraenti da servire ad Anghiari, a Citerna, al Borgo, a Monterchi e a tutte le Ville convicine” (Taglieschi 1991). In seguito anche il comune di Sansepolcro costruirà una gora per l’uso di 4 mulini, ma tale canale, la cui derivazione si trovava a valle di quella di Anghiari, d’estate non riceveva acqua a sufficienza e questo generò un conflitto tra le due comunità che chiameranno spesso in causa i tecnici granducali per dirimere la contesa, come testimoniano i documenti di archivio e le numerose perizie tecniche (Vivoli 1992, Orefice 2005).

3.2. Modificazioni del paesaggio in epoca contemporanea – La creazione della diga di Montedoglio, le attività estrattive e i laghi di cava e il riordino fondiario

Anche se nelle epoche più antiche il paesaggio dell’alta Valtiberina ha visto molteplici interventi che hanno portato a sostanziali modificazioni dell’assetto territoriale, è nell’epoca contemporanea, in particolar modo negli ultimi trent’anni, che le necessità di sviluppo agricolo hanno comportato grandi interventi che hanno modificato sensibilmente il paesaggio con conseguenze negative sulla ricostruzione del paesaggio antico.

Già dagli anni sessanta del novecento infatti il crescente fabbisogno idrico, prevalentemente per uso agricolo ma anche per uso civile, unito alla necessità di regimentare la portata del Tevere che si presentava di carattere torrentizio con notevoli problemi di alluvioni invernali, ha determinato la progettazione di un ampio invaso nei territori dei comuni di Anghiari, Pieve Santo Stefano e Sansepolcro.

Tra il 1977 e il 1993 è stata realizzata pertanto dall'Ente Irriguo Umbro Toscano una diga nella stretta di Montedoglio, a valle della confluenza dei torrenti Singerna e Tignana con il Tevere (figura 3.1). Conseguentemente si è formato un invaso imponente (tra i più grandi invasi artificiali d'Europa) che soddisfa il fabbisogno idrico della città di Arezzo e delle zone agricole, oltre che della Valtiberina, della parallela Valdichiana.



3.1 – La diga durante i lavori di realizzazione (immagine dal sito dell'Ente Irriguo Umbro Toscano).

L'invaso che ne è derivato si estende per 302 kmq e le sue acque, integrate da una derivazione dal torrente Sovara, sono disponibili annualmente per 102 milioni di mc (Fonte Ente Irriguo Umbro-Toscano).

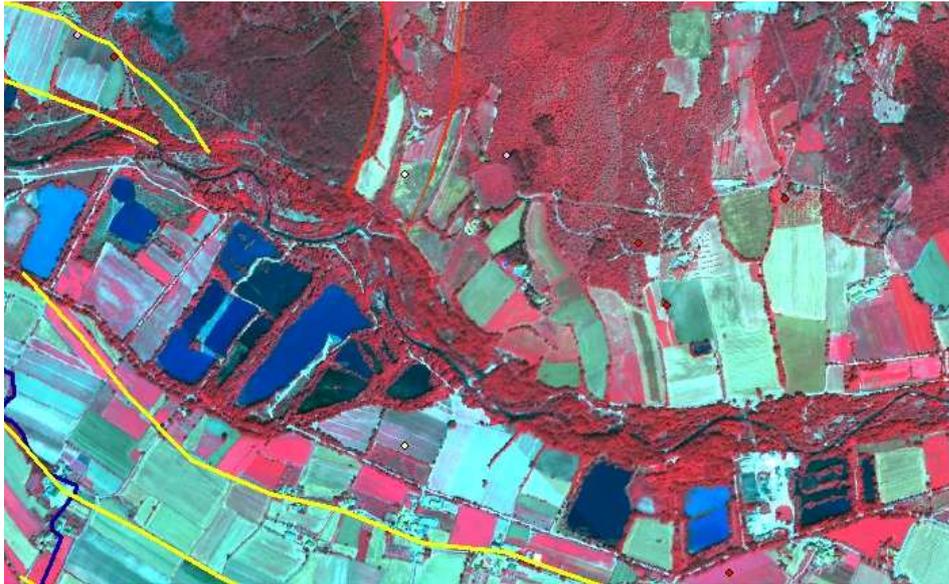
La costruzione di tale invaso ha inoltre previsto contemporaneamente la costruzione di ampie opere di canalizzazione che prosegue ancora oggi (è stato inaugurato nell'estate 2011 il distretto irriguo 21 che fornisce i comuni di Arezzo, Civitella della Chiana e Monte San Savino), per proseguire fino al lago Trasimeno, con il fine di mitigare le variazioni di livello estive del lago.

Dalle imponenti opere connesse alla costruzione dell'infrastruttura, negli anni ottanta è derivata la necessità di censire e salvaguardare il patrimonio archeologico della zona che sarebbe stata in seguito allagata dall'invaso. Questo ha dato grande stimolo agli enti locali ed alla Soprintendenza Archeologica della Toscana per la realizzazione del censimento e della ricerca più estensiva di

reperiti archeologici. Risalgono a quest'epoca i lavori di survey ed i nuovi contributi alla carta archeologica della zona che hanno visto il coinvolgimento non solo dalla Provincia di Arezzo, dei Comuni coinvolti e della Soprintendenza, ma anche la proficua collaborazione di soggetti privati e volontari del Gruppo di Ricerche Archeologiche di Sansepolcro (GRAS) (AA.VV. 1991, AA.VV. 1992).

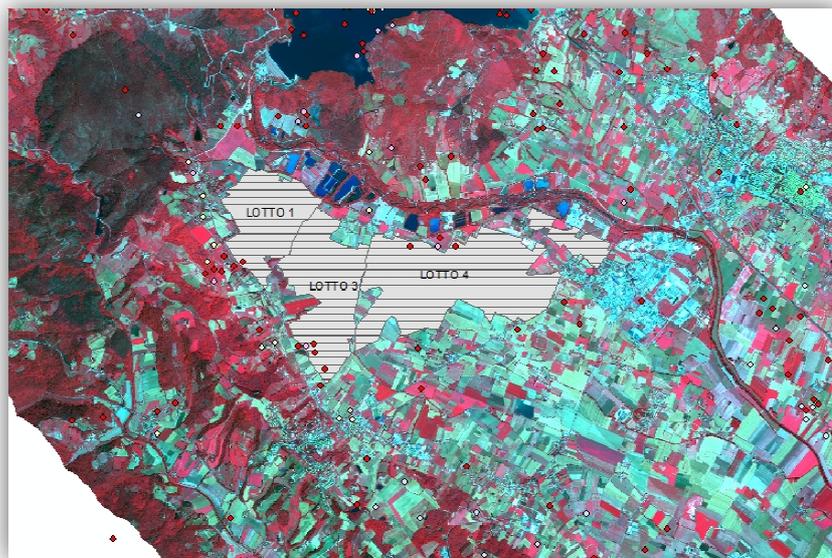
Ancora degli anni sessanta e settanta del novecento sono state portate avanti ulteriori azioni di detrazione del paesaggio, con le attività di estrazione di ghiaia all'interno della golena del Tevere. Dopo la regimentazione delle acque del fiume infatti nell'area golenale immediatamente a valle della diga sono state scavate cave a cielo aperto per prelevare gli strati ghiaiosi depositati nel letto del fiume nel primo fondovalle, dove il fiume grazie all'energia accumulata del tratto appenninico aveva depositato sedimenti clastici considerevoli.

L'attività estrattiva ha determinato la creazione di larghe voragini che si sono trasformate in zone palustri e laghi artificiali per la risalita delle acque di superficie laddove l'attività estrattiva ha intaccato la falda freatica (figura 3.2). Dopo l'esaurirsi delle licenze estrattive, oggi il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Arezzo (PTCP) prevede la riqualificazione delle aree di cava. In particolar modo oggi, i laghi che sono derivati da questa attività estrattiva costituiscono l'habitat di particolari specie acquatiche e sono divenuti zona di protezione della natura di interesse locale costituite per la tutela delle specie sia animali che vegetali che le popolano (A.N.P.I.L. secondo legge Regione Toscana L.R. 11-4-1995 n. 49).



3.2 - Dettaglio dei laghi di cava nell'immagine CASI (Compact Airborn Spectrographic Imager) 2010.

Dopo la costruzione della diga di Montedoglio, la Comunità Montana della Valtiberina ha proceduto con una imponente opera di riordino fondiario (figura 3.3) e di sistemazione irrigua per la razionalizzazione dell'assetto agricolo e un miglior sfruttamento degli appezzamenti, oltre alla parallela costruzione di primi distretti irrigui derivanti dal progetto di sistemazione irrigua della diga. (Mosco et al 1994).



3.3 – Estensione dell'area interessata dai lavori di riordino fondiario.

L'area interessata da tali lavori si è estesa per circa 1500 ettari in un territorio ricadente nei comuni di Sansepolcro e Anghiari nella zona immediatamente a valle della diga (Mosco et al. 1994). La nuova organizzazione agricola è nata dalla necessità economica di riorganizzare il territorio in appezzamenti congrui con le moderne tecniche colturali dovute all'eccessiva parcellizzazione degli appezzamenti. Il territorio si presentava infatti caratterizzato dalla tipica "piantata" toscana rappresentata da piccoli appezzamenti lunghi e stretti con l'uso di inframmezzare i campi da filari di piante di vite "maritate" ad alberi di acero. Tale sistemazione era particolarmente inadatta alla coltivazione praticata con le moderne tecniche colturali. Inoltre la frammentazione e la parcellizzazione delle proprietà fondiari ha spinto alla riorganizzazione razionale in nuovi appezzamenti di larga estensione e di dimensione e morfologia congrui. La rete viaria principale è stata invece conservata così come le strade poderali e di collegamento.

Il lavoro ha previsto in particolar modo il livellamento dei campi (figura 3.4) e una aratura molto profonda di 60 cm a completamento della sistemazione agricola.

Inoltre sono stati scavati fossi per l'alloggiamento delle condotte idriche necessarie per i distretti irrigui del progetto, con lavori che sono andati in profondità variabili (dai 100 ai 200 cm).



3.4 – Immagini del lavoro di livellamento dei campi e di scavo delle trincee di drenaggio (da Mosco et al. 1994).

Chiaramente questo intervento ha trasformato il tessuto agricolo cancellando completamente la continuità storica con il passato ed ha compromesso, per non dire cancellato, buona parte delle testimonianze del paesaggio antico nella pianura. Ha inoltre compromesso l'integrità di eventuali reperti archeologici nella

zona, oltre che compromettere una possibilità di rintracciare le tracce di paleoalvei.

4. Dati disponibili

La raccolta dei dati e delle immagini necessarie per la ricerca ha richiesto il coinvolgimento di molteplici soggetti e si è estesa nell'arco di tutto il periodo di studio.

La Regione Toscana ha fornito al Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena per scopi scientifici i dati relativi al Catasto Leopoldino per i comuni di Pieve Santo Stefano, di Anghiari e Sansepolcro inseriti all'interno del progetto CASTORE. Progetto CASTORE *Regione Toscana e Archivi di Stato toscani* (<http://www.geografia.toscana.it/castore.htm>) è oggi un sistema informativo geografico della Regione Toscana che contiene tutti i fogli del catasto leopoldino acquisiti attraverso scansioni ad alta risoluzione, corretti geometricamente e georeferenziati (Campana 2003). Il catasto è inoltre interrogabile direttamente online attraverso webGIS all'indirizzo <http://web.rete.toscana.it/castoreapp/>. Il servizio Cartografico Regionale ha inoltre fornito la Cartografia tecnica regionale a scala 1:10.000 in formato vettoriale "Cartografia ufficiale / dati numerici della Regione Toscana".

Il progetto TMAPP (Tiber Mapping) del Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena, finanziato grazie a bandi EUFAR (European Fleet For Airborn Research), ha consentito l'acquisizione delle immagini iperspettrali ad alta risoluzione spaziale, fornendo dati raramente disponibili per la ricerca archeologica.

Il Centro di Geotecnologie ha collezionato i restanti dati ottenuti per acquisizione diretta durante il lavoro di ricerca o perché già acquisiti in progetti precedenti.

Il lavoro ha previsto inoltre il reperimento materiali e richieste di collaborazione verso quegli enti di gestione territoriale che hanno negli anni lavorato sul territorio anche se per scopi diversi da quelli della ricerca archeologica ma che potevano fornire importanti notizie; in particolar modo la Comunità montana della Valtiberina Toscana, che ha fornito dati e testimonianze e la Soprintendenza archeologica della Toscana che ha collaborato confrontando idee e prospettive.

Di fondamentale importanza sono risultati infatti gli studi degli enti locali e degli enti di gestione del territorio legati alle funzioni istituzionali di gestione e amministrazione. In particolare:

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Arezzo (P.T.C.P.)

Piano Strutturale del Comune di Anghiari (P.S.A.)

Piano Strutturale del Comune di Sansepolcro (P.S.S.)

Sull'uso e sull'elaborazione dei dati raccolti si rimanda al capitolo 6.

4.1 Dati bibliografici

I dati d'archivio, sono risultati fondamentali per la ricostruzione delle trasformazioni del paesaggio, in particolar modo i documenti della famiglia Taglieschi, una delle principali famiglie di Anghiari. Grazie all'archivio della famiglia, attualmente conservato presso l'archivio storico del Comune di Anghiari, ed alla attività di annalista svolta da Lorenzo Taglieschi, è possibile documentare buona parte delle vicende della comunità di Anghiari e della vallate fino alla metà del XVII secolo. In particolar modo sono stati utili alcuni riferimenti annotati nell'archivio storico del comune di Anghiari al n. 1613 "Memorie di Anghiari cavate dagli antichi registri della comunità e della fraternita raccolte da Lorenzo Taglieschi l'anno 1631" e al n. 1614 "Delle memorie storiche e annali della terra di Anghiari di Lorenzo Taglieschi anghiarese".

4.2 Fotografie Aeree

Le immagini raccolte hanno natura eterogenea, si estendono in un arco temporale di 36 anni. Le prime immagini sono state acquisite nel 1976 con camere metriche e stampate su carta, solo successivamente sono state digitalizzate tramite acquisizione ottica. Le immagini più recenti invece sono state acquisite direttamente da camere metriche digitali.

1975 - VOLO EIRA

Gli aerofotogrammi databili in tempi più lontani sono quelli scattati dal Volo EIRA nel 1975. I fotogrammi in bianco e nero (figura 4.1) hanno una scala nominale di ripresa pari a 1:13000, con una quota di volo corrisponde a circa 2000 metri. Si tratta di riprese in bianco e nero utilizzate per la costruzione di cartografia tecnica regionale 1:5.000. Il volo ha riguardato l'intera Toscana e rappresenta il primo documento storico dell'Archivio Cartografico della Regione Toscana. Ogni foto copre un'area di circa 900 ettari.

I fotogrammi possono sostenere l'ingrandimento di circa 6-7 volte, fino cioè alla scala 1:2.000. Sono stati digitalizzati dall'ufficio cartografico regionale e la risoluzione risultante è di un *pixelsize* pari a circa 1 m. Queste immagini risultano di particolare importanza perché sono precedenti alla costruzione della diga di Montedoglio e pertanto vi si possono rintracciare elementi che risultano ora sommersi dalle acque dell'invaso e mantengono ancora la tessitura agricola precedente alle opere di riassetto agrario.



4.1 – Esempio di immagine del Volo aereo EIRA 1976 relativa ad una porzione di territorio compresa tra i comuni di Anghiari e Sansepolcro.

1996 - Ortofoto AIMA

Si tratta di ortofoto digitali in bianco e nero (figura 4.2) acquisite nel 1996 dalla Compagnia Generale Riprese aeree (CGR) per il Ministero dell'Ambiente, ritagliate sulla Cartografia Tecnica Regionale (CTR) 1:10.000, con una quota media di volo di 1.500 m. La risoluzione spaziale è pari a 1m, ed hanno valore documentale in quanto l'invaso della diga non è ancora perfettamente formato.



4.2 – Esempio di ortofoto relativa al volo Aima 1996 relativa alla parte meridionale dell'invaso di Montedoglio. Sulla sinistra dell'immagine sono ben visibili i Monti Rognosi

2007 - Ortofoto Regione Toscana

Si tratta di ortofoto a colori riprese nel campo della luce visibile (figura 4.3), realizzate da un volo aereo della Regione Toscana nel 2007 con copertura dell'intero territorio regionale. Le ortofoto sono state prodotte secondo il taglio della CTR scala 1:10.000 e le riprese sono state effettuate ad una quota di volo media di 1.500 m. Le immagini digitali hanno anno una risoluzione spaziale di 0,5 m.

Si tratta di immagini di altissima qualità, molto recenti che fotografano l'area in una situazione quasi identica a quella attuale.



4.3 – Esempio di ortofoto a colori relativa alla parte meridionale dell'invaso di Montedoglio. Sulla sinistra dell'immagine sono ben visibili i Monti Rognosi e al centro i laghi di cava derivati dall'attività estrattiva.

2010 – Immagini CASI e AHS riprese nell'ambito del Volo EUFAR Progetto TMAPP

In occasione del volo aereo della compagnia spagnola INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial), realizzato il 14 luglio 2010, sono state acquisite immagini multi-banda iperspettrali con due differenti sensori AHS e CASI.

Il sensore iperspettrale CASI (*Compact Airborne Spectrographic Imager*) è uno scanner di tipo *pushbroom* che rileva, nell'intervallo dello spettro elettromagnetico compreso tra 380 nm e 1050 nm, (nel campo della luce visibile e dell'infrarosso vicino). Le riprese avvengono acquisendo righe parallelamente alla direzione di volo mentre la piattaforma che lo trasporta si muove. Può acquisire fino a 288 bande e la ampiezza del campo di acquisizione è di 40°. Il sensore CASI ha

acquisito due serie di immagini con una risoluzione spaziale pari rispettivamente a 1,5 m e 0,5 m a terra nelle bande del visibile e dell'infrarosso vicino (figura 4.4).



4.4 – Mosaico delle strisciate riprese dal sensore CASI con risoluzione 1,5 m visualizzate nel *Natural Color Composite 3,2,1 RGB*.

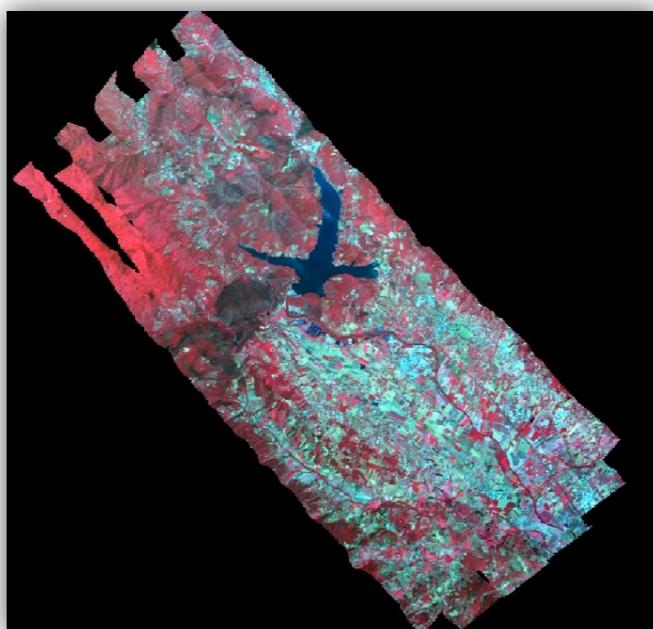
Il sensore iperspettrale AHS (*Airborne Hyperspectral Scanner*) è uno scanner lineare aviotrasportato ed acquisisce fino a 80 bande. Lo scanner rileva nello spettro del visibile fino all'infrarosso termico (430 nm-1270nm) con un campo di acquisizione di 90°. Le immagini acquisite dal sensore hanno una risoluzione spaziale di 2 m a terra nelle bande del visibile e dell'infrarosso vicino.

Le immagini CASI, fornite in formato BSQ (*Band Sequential*), in unità di radianza al sensore, con un numero di bande variabile da 36 a 288, non georeferenziate sono corredate di metadati sia per le correzioni radiometriche che geometriche. Tra i dati aggiuntivi sono presenti *dataset* georeferenziate e file GLU (*Geographic*

Look Up) necessari come dati di input per la correzione geometrica delle scene (Giovacchini 2012).

Lo stesso dicasi per le immagini AHS caratterizzate da 63 bande nel VNIR, 7 bande nel SWIR e 10 bande nel TIR e riprese secondo 9 strisciate parallele.

Il piano di volo ha previsto l'acquisizione dell'area in modalità e risoluzioni diverse variando l'ampiezza dello spettro e l'altezza di volo da terra seguendo strisciate in direzione Nord-Sud (figura 4.4) e NordOvest-SudEst (figura 4.5). Dai dati a disposizione sono state elaborate differenti tipologie di immagini.



4.5 – Mosaico delle strisciate riprese dal sensore AHS con risoluzione 2 m visualizzate nel *False Color Composite 15,8,4 RGB*.

Tramite i file IGM (*Input Geometry Data*) le immagini sono state corrette e georeferenziate, con sistema di coordinate WGS 1984, UTM Zone 32N.

Dal dato iperspettrale sono state estratte:

- Immagini a 4 bande del sensore CASI nel campo del visibile e dell'infrarosso vicino con un pixel di risoluzione spaziale pari a 1,5 m a terra (figura. 4.4).

- Immagini a 4 bande del sensore CASI nel campo del visibile e dell'infrarosso vicino con un pixel di risoluzione spaziale pari a 0,5 m a terra.
- Immagini a 3 bande del sensore AHS nel campo del visibile e infrarosso vicino con un pixel di risoluzione spaziale pari 2 m a terra. (figura 4.5)

4.3 Sondaggi e analisi geotecniche di laboratorio

Tra le analisi realizzate nell'ambito del programma regionale di Valutazione degli Effetti Locali nei centri urbani, edifici strategici e rilevanti (Programma VEL) realizzato dalla Regione Toscana sono presenti e consultabili in rete anche carotaggi e analisi geotecniche realizzati in diverse zone a rischio sismico tra cui la Valtiberina.

Tali dati sono stati inseriti nello studio in quanto i carotaggi, consistenti in prelievi di campioni di terreno a scopo di analisi, possono aiutare a comprendere l'evoluzione sedimentaria della vallata.

Anche durante la stesura di piani strutturali e per la realizzazione di opere private vengono realizzati sondaggi di differenti profondità. Sono stati presi in esame pertanto i *log* stratigrafici reperiti dal Piano Strutturale di Sansepolcro e quelli realizzati per la costruzione di capannoni e edifici industriali che raggiungessero profondità sufficienti per analizzare i sedimenti alluvionali della piana.

È stato pertanto realizzato uno *shapefile* di punti che localizzano ed identificano le analisi geotecniche associate al foglio descrittivo del carotaggio sia per le quelle realizzate nel comune di Anghiari che in quello di Sansepolcro. Sono state prese in considerazione le analisi sedimentologiche e stratigrafiche ricadenti all'interno della piana alluvionale.

4.4 Dati cartografici

I dati a disposizione utilizzati per lo studio del territorio sono stati principalmente di duplice natura: una parte di essi, già resi disponibile in versione digitalizzata è stata implementata all'interno del sistema informativo territoriale; una parte, che si presenta su supporto cartografico o bibliografico è stata utilizzata per confronto diretto.

4..4.1 Cartografia tecnica e geologica

- **CARTOGRAFIA TECNICA REGIONALE**

“Cartografia ufficiale / dati numerici della Regione Toscana” in scala 1:10.000, inquadrata nella rete geodetica italiana (coordinate piane N,E riferite al fuso Ovest del sistema nazionale), rappresentata nella proiezione di Gauss-Boaga, datum Roma 40; Sono state utilizzate le sezioni numero 278130, 278140, 289010, 289020, 289050, 289060.

- **Modello di elevazione del terreno (DEM)** di tutta la Regione Toscana con passo 10 m.

- **CARTOGRAFIA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**

La cartografia geologica a disposizione è rappresentata da vari supporti digitali, a differente scala, e riferibili ad epoche di rilevamento diverse. In particolar modo:

- foglio 278 Pieve Santo Stefano, della Carta Geologica d'Italia in scala 1:10.000;
- cartografia geologica Foglio 115 - Città di Castello, in scala 1:100.000 della cartografia nazionale (Principi, 1939).
- Carta geologica della Toscana in scala 1:250.00 edita da Regione Toscana. (Carmignani et al. 2004)

- **CARTE DI LITOLOGIA E STUDI DELLA COMUNITÀ MONTANA VALTIBERINA**

In occasione dei lavori connessi alle opere di riordino fondiario svolte dalla Comunità Montana della Valtiberina sono stati realizzati molteplici lavori di studio della pianura compresa tra la diga e lo stradone medioevale che taglia la pianura tra Anghiari e Sansepolcro, in particolare per questo lavoro sono state utilizzate le carte del primo strato ghiaioso dei terreni.

4.4.2 Cartografia storica digitalizzata e georeferenziata

L'unica cartografia storica digitalizzata e georeferenziata che è stato possibile inserire all'interno del sistema informativo geografico è stata quella relativa al catasto leopoldino. La Regione Toscana ha infatti realizzato il progetto *CASTORE Regione Toscana e Archivi di Stato toscani* (<http://www.geografia.toscana.it/castore.htm>), con il quale ha acquisito dagli archivi storici comunali e digitalizzato tutte le particelle del catasto lorenese realizzato nel XIX secolo dal granducato di Toscana per aggiornare il catasto. Si tratta di un documento unico sia per la natura della cartografia stessa che si poggia sulle prime misurazioni trigonometriche rigorose (Rombai 1989) che per le elaborazioni che ne sono state fatte in quanto sono state tutte digitalizzate e georeferenziate.

Le carte del catasto lorenese “Per le loro caratteristiche geometrico-particellari di estrema precisione costituiscono, ancora oggi, uno strumento fondamentale per lo studio e la restituzione dell'assetto territoriale della Toscana prima delle grandi trasformazioni avvenute a partire dalla fine del XIX secolo.” (Regione Toscana – Progetto Castore http://web.rete.toscana.it/castoreapp/0_introduzione.htm).

Le carte sono in formato raster TIFF corredate di file per la georeferenziazione .TFW, con sistema di riferimento nazionale Gauss-Boaga.

Ogni immagine contiene la scansione di un foglio del catasto, questo dopo la georeferenziazione e la correzione geometrica, è stato ritagliato lungo il margine delle particelle (figura 4.6) per consentire di mantenere al minimo le distorsioni e consentire alle differenti immagini di coincidere tra sé.



4.6 – Esempio di immagine corretta e georeferenziata del catasto leopoldino nel comune di Sansepolcro. Progetto CASTORE *Regione Toscana e Archivi di Stato toscani* (<http://www.geografia.toscana.it/castore.htm>)

4.4.3 Cartografia storica non digitalizzata

Alcune carte storiche risalenti al XVII e XVIII sec conservate nell'Archivio di Stato di Firenze o in altri archivi e collezioni sono state consultate attraverso gli studi realizzati in occasione della stesura dei piani di gestione territoriale degli enti locali (piani Strutturali e Piani di coordinamento).

Alcune carte sono inoltre disponibili nella pubblicazione dedicata alla mostra di cartografia storica realizzata a Sansepolcro nell'inverno del 1992 (Vivoli 1992).

Tali documenti storici e cartografici sono stati presi in considerazione per confronto diretto e verifica di tracce con continuità ove cartografate in antico.

5. Metodi e Analisi

5.1 Metodi

Per effettuare l'analisi del paesaggio utilizzando le immagini e la molteplicità di dati eterogenei a disposizione, sono stati utilizzati il telerilevamento o *remote sensing* e i sistemi di gestione dei dati territoriali o GIS.

Il termine telerilevamento indica l'acquisizione di dati della superficie terrestre dall'atmosfera o dallo spazio e l'insieme dei metodi e delle tecniche per la successiva elaborazione ed interpretazione.

Col telerilevamento è possibile osservare un paesaggio con differenti risoluzioni e si registrano immagini nella parte visibile dello spettro elettromagnetico, nell'infrarosso, nell'ultravioletto e nelle microonde.

In archeologia sono quattro i tipi di coperture contenenti le anomalie che si cerca di rintracciare più comunemente: *soil*, *shadow*, *microrelief* e *crop marks* (Wilson 1982). Le loro caratteristiche dipendono dal tipo di suolo, di copertura, di umidità di rilievo e di vegetazione presenti nell'area di studio.

In questo lavoro, non sono state cercate tracce di manufatti o reperti archeologici sepolti ma sono state ricercati in particolar modo segni relativi all'umidità ed al rilievo, possibilmente collegati con gli antichi percorsi fluviali o assetti agricoli e viari.

La visibilità di queste anomalie può dipendere, oltre che dalla copertura del suolo, dalla stato fenologico dell'eventuale copertura vegetale e dalla pedologia.

I sensori aviotrasportati misurano la radiazione elettromagnetica naturale proveniente dalla superficie terrestre, sia per riflessione di energia solare che per emissione propria. Loro caratteristiche più importanti sono l'elevata risoluzione geometrica e la multi o iperspettralità.

Le prime immagini riprese in voli aerei trasportanti camere metriche fornivano singole immagini in monocromia, oggi i sensori producono immagini multispettrali ed effettuano riprese lineari di ampie porzioni di territorio. Tali prodotti sono

definiti dalla scala, dalla luminosità, dal contrasto e dalla risoluzione (spaziale, spettrale, radiometrica e temporale).

Per integrare in maniera efficace lo studio di tutti i dati a disposizione lo strumento più idoneo è rappresentato dai Sistemi Informativi Geografici che consentono di raggiungere un livello di approfondimento e di analisi del contesto che era quasi impossibile ottenere negli studi territoriali fino ad alcuni anni fa. Essi consentono di identificare e di isolare in strati informativi ogni elemento archeologico, ambientale, etc. classificato per periodo di appartenenza e offrono la possibilità di tematizzarli in maniera chiara rendendoli leggibili e facilmente identificabili se sovrapposti. La più grande potenzialità offerta da tali strumenti informativi è quella di poter di nuovo analizzare tali elementi non solo per mera sovrapposizione ma combinandoli, e valutando qualitativamente e quantitativamente qual è l'interazione tra loro, consentendo una analisi ed una interpretazione delle interazioni tra elementi sia antropici che naturali.

Il ruolo delle tecnologie informatiche e delle banche dati a questo livello della ricerca è fondamentale per comprendere la stratificazione in senso diacronico del paesaggio moderno e cercare al tempo stesso di valutare l'interazione tra il singolo sito ed il contesto territoriale geografico e politico nel quale si inserisce, valutare le scelte compiute e desumerne le conseguenze.

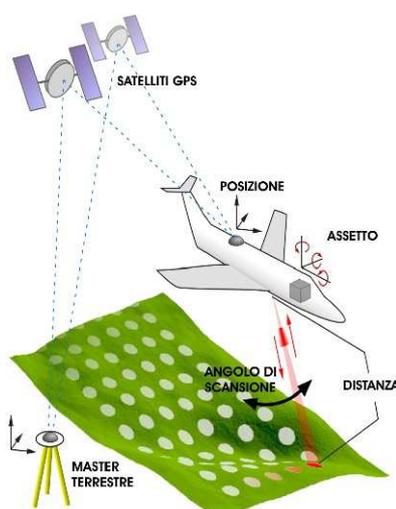
5.1.1 Campagna di acquisizione dati progetto TMAPP

Il Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena, come detto, ha avuto accesso al programma EUFAR dell'agenzia Europea per il volo aereo, attraverso il quale è stato finanziata l'acquisizione di immagini da utilizzare per fini di ricerca paesaggistica e ambientale. Il programma ha finanziato un volo aereo effettuato nel luglio 2010 dal *Remote Sensing Laboratory* di INTA (*Instituto Nacional De Técnica Aeroespacial* del Ministero della Difesa Spagnolo).

Perché i dati potessero essere forniti adeguatamente corretti geometricamente e per ottenere delle firme spettrali per il confronto delle *features* a terra è stato necessario effettuare una campagna di acquisizione dati contemporanea all'esecuzione del volo aereo. Essa è consistita nella raccolta di dati GPS

differenziali necessari nella creazione dei file GLU e di firme spettrali utili nella correzione atmosferica delle immagini iperspettrali e nella creazione di immagini di riflettanza.

Allo scopo di supporto dell'orientamento esterno delle immagini si è proceduto con l'individuazione di una base georeferenziata di riferimento misurata da un ricevitore GPS statico (figura 5.1); per lo scopo è stato utilizzato come riferimento il punto della rete IGM95 codice 115706, il più idoneo per vicinanza tra quelli disponibili, costituito da un centrino in acciaio inox del tipo "GPS da livellazione" infisso alla base del muro esistente sulla strada, procedendo in direzione di Sansepolcro, di fronte al Liceo Scientifico "Piero della Francesca" con monografia fornita dall'Istituto Geografico Militare (figura 5.2 e 5.3). La misura del punto è stata acquisita contemporaneamente al volo aereo e per tutta la sua durata con un ricevitore a doppia frequenza GPS Leica™ 1200.



5.1 – Schema illustrativo delle modalità di georeferenziazione delle riprese aeree.

Sempre contemporaneamente al volo sono state acquisite firme spettrali di coperture pressoché omogenee (terreno arato, manto stradale asfaltato, paglia battuta) attraverso lo spettroradiometro FieldspecPro di proprietà del Centro di Geotecnologie. Le misure di radianza, poi convertite in riflettanza, mediante operazioni di *postprocessing*, sono servite per la elaborazione delle correzioni atmosferiche e radiometriche delle immagini.



5.2 – Ricevitore GPS in modalità di ripresa statica posizionato sul punto IGM95 115706

SANSEPOLCRO (Liceo Scientifico "Piero della Francesca")		115706	289 ssc IV	115 svsc
IGM 95 Nazione: ITALIA Provincia: AREZZO Comune: SANSEPOLCRO Caratteristiche: SANSEPOLCRO		Proprietà: Indirizzo: Comune: Cap: Provincia: Tel: Fax:		
Materializzazione: Centro di acciaio inox del tipo "GPS da livellazione" infisso alla base del muro a rete esistente sul lato destro della strada, procedendo in direzione di Sansepolcro, al Ponte al Liceo Scientifico "Piero della Francesca".		Geografiche (Roma44) S: 47°13'41,0830" L: -09°17'25,7215" Quota s.l.m.: 327,500	Piani (Sassano-Boaga) Q: N: 4.828.155,549 L: E: 1.755.353,278 U: N: 4.827.154,355 L: E: 2.250.745,355	Geografiche (WGS84) S: 47°13'41,0367" L: 12°09'40,8112" Quota ell.: 372,824 U: N: 4.827.145,488 L: E: 2.250.745,357
Accessi: Informazioni ausiliarie:				
Vertici collegati: R 01409 D01 002B Butoleoni inox orizz. tipo GPS DH = 0,000		Punto di integrazione (gestore, ecc.): (Se questo servizio ha operatori di livellazione (Piani-Fore)) Produzione: IGM Stazioni astronomiche:		
Segnalizzato: 05/07/2000 L1-2000 Cart. Bocci Marco Ultimo intervento: 05/09/2008 04-2009 Col. Cart. Donatelli Donatello		ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE - Servizio Geodesico - via di Novati, 83 - 50127 FIRENZE - ☎ 055 2732442 - ☎ 055 4368429		

5.3 – Monografia del punto IGM95 115706

La disponibilità del volo per metà luglio, ha rappresentato un fattore di criticità, perché si è svolto in un periodo non ottimale per lo studio della vegetazione e dell'umidità poiché la zona è profondamente soggetta a lavorazioni e c'è un sostanziale apporto di acqua ai suoli per irrigazione che rende più difficile sia rintracciare eventuali anomalie sia valutare di quali sono le tracce naturali dell'umidità.



5.4 – Fasi della campagna di acquisizione dati progetto TMAPP.

Preparazione ed elaborazioni delle immagini a disposizione

Le elaborazioni geometriche e spettrali delle immagini sono state realizzate all'interno dell'ambiente software Leica ERDAS IMAGINE™ che mette a disposizione un pacchetto di strumenti per il telerilevamento tra i più ampi ed efficaci.

Le elaborazioni del DEM invece sono state realizzate nell'ambiente di Esri ArcGIS™.

5.1.2 Correzioni radiometriche

I dati acquisiti in campagna utilizzando lo spettro radiometro sono stati processati utilizzando il software ASD™ViewSpecPro. Questo ha permesso di mediare fra loro le curve di radianza ottenute dalle 10 curve di radianza misurate per ogni campione analizzato in campagna e di confrontarle con il valore di “bianco” di riferimento per la misura.

Perché il confronto fra le firme spettrali ottenute in campagna e quelle ricavate dalle immagini telerilevate fossero comparabili, le prime sono state sottoposte a

due filtraggi per ovviare a oscillazioni evidenti e per eliminare le lunghezze d'onda fuori dal range rilevato dai sensori CASI e AHS.

Le immagini sono state sottoposte a correzione geometrica, e poi proiettate in un sistema di coordinate note, senza alterare i valori radiometrici. La georeferenziazione delle immagini era inoltre necessaria per poter procedere alla correzione atmosferica. Per poter elaborare in modo abbastanza agevole, le immagini sono state suddivise in *subset*, basandosi sull'ubicazione dei punti in cui erano state misurate le firme in campagna.

Una volta georeferenziate, le scene sono state sottoposte alla correzione atmosferica, per poter passare da un'immagine di radianza ad una di riflettenza (Giovacchini 2011).

Per il confronto con quest'ultima si è dovuto procedere alla selezione delle firme spettrali ottenute con lo spettroradiometro scegliendo solo quelle confrontabili per coperture omogenee. Tale selezione si è rivelata necessaria per limitare un effetto di *spectral mixing*, per cui in un *pixel* è presente una mescolanza di più coperture distinte.

Le firme spettrali individuate come maggiormente omogenee, e per tal motivo utilizzate, sono state: asfalto, paglia, erba secca e imbrecciatura delle strade bianche. Sono state invece escluse le coperture meno omogenee quali la vegetazione arborea e le colture presenti nell'area nel periodo estivo come il tabacco.

L'angolo di visione del sensore aviotrasportato è notevolmente più ampio rispetto a quello dello strumento di campagna, per cui, nella raccolta delle firme spettrali si è cercato di limitare le conseguenze derivanti da quest'effetto. I campioni misurati in campagna sono stati relativi ad aree ampie a sufficienza da contenere una certa variabilità naturale, procedendo ad una doppia misurazione.

5.1.3 Correzione geometrica

Le elaborazioni geometriche sono rappresentate da quelle operazioni tese a conferire ad ogni pixel dell'immagine un corredo di coordinate geografiche univoco. Tali operazioni comportano una trasformazione dell'immagine originale, che nel caso dell'ortorettifica, correzione tridimensionale, comporta la necessità di disporre dei dati di orientamento interno, di un DEM e delle coordinate plano-altimetriche dei punti di controllo (Lillesand et al. 2004).

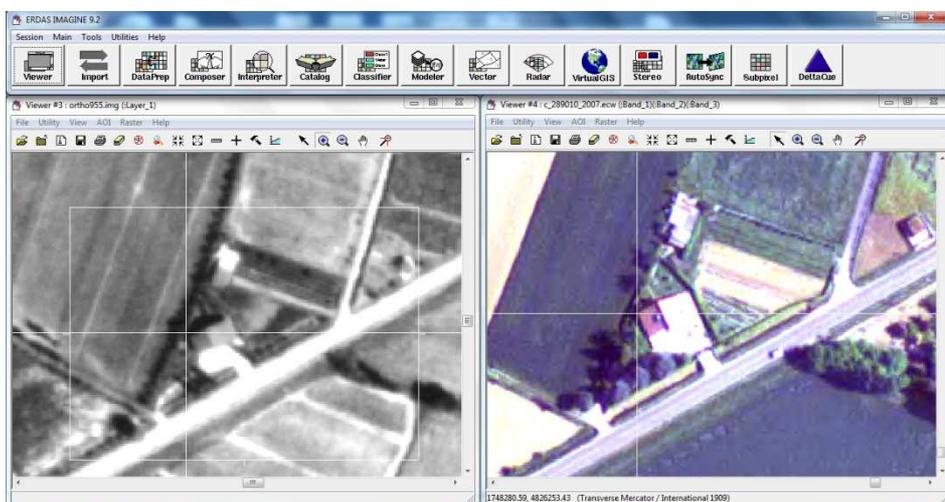
Ogni tipo di proiezione cartografica della terra è distorta in termini di distanza, forma, direzione, dal momento che si tenta di posizionare una superficie curva e tridimensionale in una superficie piatta e bidimensionale.

Per quanto riguarda il sistema di coordinate e il geoide di riferimento la maggior parte degli studi di remote sensing esprime la posizione geografica utilizzando il sistema di proiezione Universal Transverse Mercator (UTM). Esso si basa su di un riferimento geodetico comune, l'ellissoide, che suddivide la Terra in 60 zone. Le parti numerate dell'UTM si riferiscono all'ellissoide locale su cui la proiezione è applicata. Col sistema UTM il punto centrale di una proiezione è accurato ma la distorsione cresce all'aumentare della distanza.

Si è proceduto in primo luogo all'orientamento interno ed esterno e all'ortocorrezione delle immagini del volo aereo EIRA del 1976. Tali immagini sono state scattate con camere metriche analogiche e stampate su carta. Perciò per poter essere elaborate in fotogrammetria digitale sono state acquisite tramite scanner ottico DTP (*Desktop Publishing*) introducendo ulteriori fattori di distorsione.

Le immagini sono state quindi orientate e corrette all'interno della suite LPS di Erdas Imagine utilizzando la cartografia tecnica regionale 1:10.000, le ortofoto del 1996 e 2004 per il reperimento dei GCP e il DEM con passo 10 m per l'ortocorrezione. Nonostante l'ampio lasso di tempo trascorso tra il momento di acquisizione delle immagini e la situazione attuale rappresentata dalla CTR (circa 20 anni) è stato possibile individuare, anche se con qualche difficoltà, un numero sufficiente di punti omologhi ben distribuiti nelle scene per effettuare l'orientamento con un sufficiente grado di accuratezza, scegliendo come elementi

di permanenza gli edifici e la viabilità principale, non soggetti al cambiamento che ha interessato invece la sistemazione agricola (figura 5.5).



5.5 – Confronto tra la correzione geometrica delle immagini EIRA 1976 e le ortofoto 2007 della Regione Toscana

Le altre immagini a disposizione sono state fornite già corrette e georeferenziate anche se con sistemi di riferimento disomogenei. È stato pertanto necessario procedere a riproiettarle tutte nel sistema di riferimento adottato nel GIS. Per riproiettarle sono stati utilizzati gli algoritmi implementati all'interno dell'ambiente di lavoro di ESRI arcGIS™.

Le immagini del volo aereo TMAPP 2010 sono di tipo multibanda iperspettrale, e costituiscono file di grande formato. Per poter elaborare una tale mole di dati con il processore a disposizione si è deciso di estrarre immagini con una profondità di solo 4 bande (nel campo del visibile e dell'infrarosso vicino). Questo consente comunque di ottenere le informazioni relative all'umidità dei suoli e dello stato della vegetazione utili per individuare tracce di paleoalvei e di strutture geomorfologicamente rilevanti ai fini archeologici. Sono state pertanto esportate le immagini in formato .img, per poter procedere con la successiva elaborazione in ERDAS Imagine e ArcGIS.

Le singole strisciate così ottenute sono state in seguito mosaicate attraverso il software Erdas IMAGINE per ottenere una unica immagine dell'intera zona di studio.

Anche le immagini della cartografia storica del catasto leopoldino, originariamente composta da numerosi subset particellari sono state mosaicate attraverso il modulo *Mosaic Images* di Erdas IMAGINE, ottenendo una unica immagine ciascuna per le carte ricadenti nei tre comuni di Sansepolcro, Anghiari e Pieve Santo Stefano. In questo caso non è stato possibile effettuare operazioni di bilanciamento colore per cercare di diminuire il più possibile lo stacco tra le differenti immagini, come realizzato per il mosaico delle immagini CASI e AHS, in quanto le differenze cromatiche tra i documenti, dovuti alle modalità di conservazione ed ai differenti momenti di realizzazione e all'impiego di materiali diversi, hanno nel tempo creato una tale disomogeneità cromatica da rendere impossibile effettuare un reale miglioramento. (figura 5.6)



5.6 - mosaico delle immagini georeferenziate del catasto leopoldino relative al comune di Sansepolcro. Progetto CASTORE *Regione Toscana e Archivi di Stato toscani* (<http://www.geografia.toscana.it/castore.htm>)

5.1.4 Miglioramento spettrale e spaziale

Nel corso degli anni sono state sviluppate una grande varietà di tecniche di processing delle immagini digitali per altri campi scientifici, prevalentemente ambientali e geologici. Solo recentemente tali metodi hanno cominciato ad

essere utilizzati anche nel campo dell'archeologia per una più facile estrazione delle informazioni quantitative, utilizzando un'efficace ed affidabile elaborazione dei dati semiautomatica o automatica (Lasaponara e Masini 2012) andando ad integrare la classica fotointerpretazione.

In primo luogo si è proceduto con l'estrazione dell'NDVI e delle Componenti Principali dalle immagini CASI e AHS, per identificare in particolar modo gli elementi della vegetazione e per la ricerca di eventuali anomalie collegate a tracce di umidità per i paleoalvei.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

L'NDVI è un indice di vegetazione, una immagine derivata da una operazione tra bande della stessa immagine. Tale tipo di immagini sarà chiaramente indipendente dalle condizioni di illuminazione, ma rispecchierà la relazione tra la riflettanza degli stessi oggetti, nel nostro caso le entità vegetali, in lunghezze d'onda differenti.

L'NDVI è espressione della relazione tra la banda del rosso e quella dell'infrarosso vicino in quanto il comportamento di assorbimento e riflettanza della clorofilla in queste due bande è opposta.

$$NDVI = \frac{r_{IR} - r_R}{r_{IR} + r_R}$$

dove: r_{IR} : riflettanza nell'infrarosso vicino; r_R : riflettanza nel rosso.

Questa funzione, rapporto tra la differenza e la somma di due bande, ha un *range* dinamico da -1 e +1 e sono direttamente correlati, alle condizioni fisiologiche della vegetazione.

La vegetazione sana è caratterizzata dall'assorbire la radiazione nella banda corrispondente al canale del rosso nello spettro del visibile, ma è particolarmente riflettente nella banda dell'infrarosso vicino; dal rapporto tra queste due bande valori alti indicheranno presenza di vegetazione, mentre al contrario oggetti di altra origine sono individuati da valori bassi (ad esempio l'acqua). L'indice di vegetazione si è dimostrato un valido indice dello stadio fenologico delle piante, che rappresenta un valido aiuto per identificare anche eventuali anomalie archeologiche.

Le anomalie che si possono riscontrare nelle immagini di NDVI sono collegate allo stato della copertura vegetale e all'umidità del suolo e possono pertanto essere indice di presenze sepolte o di tracce di variazione della composizione del terreno che non sono individuabili dall'osservazione diretta dell'immagine nelle bande del visibile.

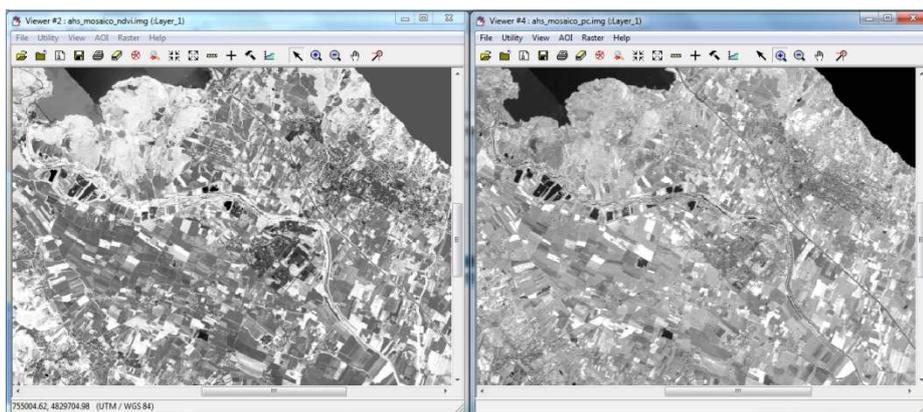
Si hanno in questo modo immagini ad altissimo contenuto informativo che hanno consentito una chiara leggibilità delle tessiture e delle tracce del probabile paleopaesaggio. Si è pertanto proceduto allo studio ed alla interpretazione delle immagini elaborate tramite fotointerpretazione.

Componenti Principali

Le Componenti Principali sono tra le tecniche di miglioramento spettrale più utilizzate per la ricerca archeologica. Le tecniche di acquisizione multispettrali forniscono diverse immagini della stessa scena, una per ogni banda in cui il sensore può acquisire l'energia riflessa o emessa. Tra queste differenti immagini esiste però un elevato tasso di correlazione, ciò dipende dalla natura fisica dell'oggetto, dalla larghezza della banda e dal rumore presente nei dati. Questo problema può essere superato costruendo, mediante certe combinazioni lineari sui dati originali, bande sintetiche che siano meno correlate di quelle originali. Il metodo delle Componenti Principali consente di eliminare la ridondanza dei dati correlati e crea immagini che riassumono nelle prime componenti il massimo contenuto di informazione, mentre in quelle successive sono contenuti i dati ridondanti interpretati quasi come rumore.

Le immagini della zona oggetto di studio così elaborate hanno un contenuto informativo che può consentire di rintracciare in particolar modo tracce di umidità e linee preferenziali di deflusso delle acque.

Le immagini di NDVI e le prime Componenti Principali (figura 5.7) sono state da un lato oggetto di studio e di analisi accurata per fotointerpretazione e a loro volta hanno costituito la base per ulteriori elaborazioni di miglioramento spaziale.

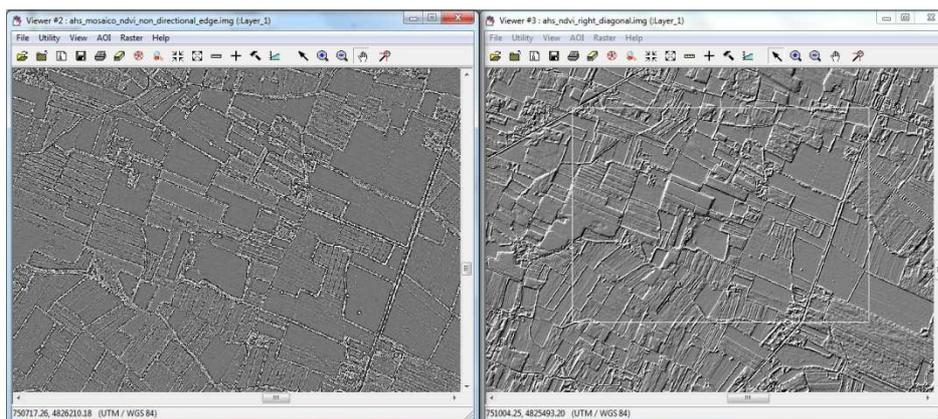


5.7 – Esempio di immagini di NDVI e prima componente principale dell'immagine multispettrale AHS.

Convoluzione Spaziale

Sulle immagini digitali è possibile applicare operazioni matematiche che elaborano il contenuto di ciascun pixel per modificarne il contenuto con lo scopo di evidenziare le differenze nelle variazioni di tono. Si tratta di una operazione definita convoluzione spaziale, che vede l'uso di una matrice simmetrica con valori predeterminati per la applicazione dell'effetto voluto. A seconda del filtro utilizzato possono essere messe in evidenza variazioni fra pixel vicini consentendo una fotointerpretazione più agevole dell'immagine.

Per l'individuazione delle possibili tracce di centuriazione in particolar modo si è utilizzata una tecnica di miglioramento spaziale con l'applicazione di filtri *edge detection* a partire dalle immagini NDVI che consentissero una lettura più chiara delle tessiture agricole e della trama idrografica (figura 5.8).



5.8 – Esempi di applicazione di filtri non direzionali (a sinistra) e NordEst-SudOvest (a destra) per l'identificazioni di allineamenti nella morfologia del tessuto agricolo.

5.1.5 Fotointerpretazione

La foto interpretazione è infine la tecnica che consente all'operatore di individuare e classificare fenomeni visibili sul territorio mediante la analisi delle immagini telerilevate

La fotointerpretazione vede come punto chiave il ricercatore e la sua capacità di riconoscere e codificare delle forme e delle evidenze del territorio sia naturale che antropico attraverso l'analisi delle immagini. Si tratta di un insieme di operazioni che solo parzialmente possono essere realizzate con procedure automatiche e la capacità dell'operatore di riconoscere e classificare risulta ancora il metodo più efficace per lo studio e l'interpretazione delle immagini.

Alla fase di fotointerpretazione deve essere associata una fase di controllo a terra.

Per tutte le analisi di fotointerpretazione le immagini possono essere visualizzate in tre bande contemporaneamente creando un *color composite*, cioè scegliendo di assegnare una banda a ciascuno dei tre colori del modello additivo RGB.

Visualizzando contemporaneamente tre bande si fondono più informazioni e si aumentano le possibilità da parte dell'occhio umano di riconoscere le evidenze sulla base della risposta spettrale. C'è anche la possibilità di visualizzare bande

al di fuori dell'intervallo visibile creando combinazioni con colori non naturali (*false color composite*) molto utili nella fotointerpretazione.

5.2 Analisi

5.2.1 Il Sistema informativo Geografico

Un Sistema Informativo Geografico (GIS) è un insieme di hardware e software ideato per gestire e analizzare dati geograficamente referenziati.

I software GIS sono concepiti per gestire una molteplicità diversa di dati sia vettoriali che raster, e combinarli con i database relazionali. Sono costituiti da moduli studiati per processare i dati vettoriali ed elaborare statisticamente e geometricamente gli elementi per l'analisi spaziale dei dati. Sono anche in grado di restituire elaborazioni grafiche per la creazione di cartografie.

Il GIS sta incrementando il suo ruolo nelle prospezioni archeologiche, grazie alla sua capacità di integrare differenti dataset geografici e di contribuire in genere alla gestione dei Beni Culturali. In combinazione con immagini satellitari multitemporali, DEM e cartografie tematiche di vario tipo, tramite strumenti GIS si possono eseguire analisi statistiche basate su elementi geografici del terreno che risultano molto potenti nelle analisi dell'area di influenza di un sito, per la modellazione della tipologia di insediamento, e per costruire modelli predittivi utili a localizzare aree di potenziale interesse archeologico.

All'interno del software Esri ArcGIS è stato creato un progetto di lavoro definendo il sistema di coordinate con proiezione UTM.

Il sistema informativo geografico è stato implementato con tutto il materiale a disposizione. Per le immagini e i dati che avevano differenti sistemi di riferimento rispetto a quello utilizzato per il progetto, sono stati utilizzati algoritmi di trasformazione che attraverso parametri calibrati per il meridiano di riferimento italiano consentissero una proiezione geometricamente corretta ed accurata ed un buon livello di sovrapposizione dei layer.

Nel progetto sono stati pertanto inseriti dati raster e dati vettoriali, tra i primi in particolar modo, oltre alle immagini aeree e al catasto leopoldino, sono incluse le

immagini derivate dalla elaborazione spettrale. Le immagini sono state sottoposte a studio e analisi per fotointerpretazione, soprattutto le immagini recenti sono state confrontate costantemente con le immagini storiche degli anni 70 e con il catasto lorenese nell'ottica di percepire anomalie significative e di individuare gli elementi con continuità storica rilevante.

Nei dati vettoriali sono invece compresi la cartografia tecnica regionale in formato CAD e i dati contenuti nel geodatabase.

Dall'analisi dei dati utili e dallo studio degli elementi costruttivi del paesaggio, è stata definita la struttura di un geodatabase nel quale poter cartografare gli elementi storici di rilevanza per la caratterizzazione del paesaggio e le ricostruzioni ipotizzate relative all'assetto antico e ai percorsi dei paleoalvei rintracciati.

5.2.2 Creazione del geodatabase – gli strati informativi

I Sistemi Informativi Geografici offrono tutte le loro potenzialità grazie alla capacità di gestire dati vettoriali e loro attributi archiviati in geodatabase. Come tutti i database relazionali quelli spaziali sono basi di dati che possono archiviare, gestire e interrogare dati ed attributi collegati in particolare ad oggetti spaziali come punti, linee e poligoni.

I geodatabase hanno inoltre la capacità di gestire e applicare regole, vincoli tra i dati, definire modelli relazionali (come le regole topologiche) e creare operazioni statistiche che consentono di analizzare i dati creando nuovi layer informativi.

Il geodatabase inserito nel progetto di ESRI ArcGis™ è stato definito e strutturato logicamente per accogliere gli elementi identificati dalla fotointerpretazione e dalle analisi condotte, e soprattutto per contenere gli attributi necessari per una loro classificazione e analisi con particolare riguardo per la lettura cronologica. È stata privilegiata inoltre la possibilità di contenere campi descrittivi per consentire una interrogazione del database non solo geografico-spaziale ma anche di dettaglio.

Il personal geodatabase è stato creato all'interno dell'ambiente software Esri ArcCatalog™ strutturato con *feature class* di tipo puntuale, lineare e poligonale (figura 5.9). Alle *feature class* è stato assegnato un sistema di coordinate coerente con il progetto del sistema informativo territoriale.

Name	Type
fraglie	Personal Geodatabase Feature Class
Idrografia	Personal Geodatabase Feature Class
Paleoalvei	Personal Geodatabase Feature Class
paleoalvei_2	Personal Geodatabase Feature Class
riordino_fondario	Personal Geodatabase Feature Class
Ritrovamenti	Personal Geodatabase Feature Class
sistemazione_agricola	Personal Geodatabase Feature Class
toponimi	Personal Geodatabase Feature Class
viabilità	Personal Geodatabase Feature Class
viabilità_2	Personal Geodatabase Feature Class

5.9 – Struttura del geodatabase creato nell'ambiente di Esri ArcCatalog™.

La definizione delle evidenze da cartografare e inserire nel personal geodatabase è seguita alla identificazione degli elementi strutturali del paesaggio; tra questi, oltre ai reperti e siti archeologici, di fondamentale importanza sono i percorsi seguiti dai flussi nei quali si muovono uomini, animali e cose: strade e naturalmente i corsi d'acqua.

Sono state pertanto riconosciute, interpretate e disegnate le seguenti *feature class*:

- Presenze archeologiche;
- Viabilità;
- Tracce dell'assetto agricolo con una ipotesi di ricostruzione della centuriazione romana;
- Paleoalvei e percorsi fluviali di interesse storico;
- Idrografia (contributo della morfologia attuale allo studio dei percorsi di deflusso delle acque);

- Faglie;
- Toponimi.

Sono state infine create delle cartografie esportando i dati tematizzati in maniera da fornire tre differenti layout per la lettura diacronica del paesaggio corrispondente ai momenti di trasformazione antropica.

5.2.2.1 Presenze archeologiche

Le testimonianze archeologiche rinvenute nella zona risultano molto disomogenee nelle caratteristiche di classificazione a causa delle differenti metodologie di rinvenimento. Per questo quello della Valtiberina è stato definito come un patrimonio archeologico diffuso (Salvini e Lelli 2010). I ritrovamenti archeologici infatti sono stati effettuati per la maggior parte al di fuori dei contesti ufficiali di *survey* o di scavo, e sono disseminati sul territorio all'interno di collezioni custodite presso le amministrazioni locali. Solo di una piccola parte rappresentato dal 3% del totale si sa l'esatta giacitura e localizzazione in quanto proveniente da scavo o da *survey* (Salvini e Lelli 2010).

Per lo studio del paesaggio è stata creata una *feature class* di tipo puntuale nella quale sono stati inseriti principalmente i dati provenienti dalla carta archeologica (Diringer 1930), e dalle pubblicazioni più recenti (AA.VV. 1990, AA.VV. 1992, Salvini e Lelli, 2009, 2010); la tabella degli attributi ha accolto i dati relativi alla tipologia del reperto, alla fonte, alla descrizione ed all'epoca storica. Lo scopo principale di questa *feature class* è quello di poter visualizzare i dati dei ritrovamenti archeologici noti mettendoli in relazione spaziale con quelli paesaggistici derivanti da altre fonti e soprattutto con quelli derivanti dalle analisi condotte sulle immagini.

Per l'epoca medioevale sono stati rilevati: pievi, castelli, rocche e torri, tutti i segni più visibili dell'incastellamento e del presidio militare bizantino e longobardo nella zona, sulla base della documentazione bibliografica (Tagliaferri 1991, AA. VV. 1992). Della maggior parte dei castelli, che si trovavano sulle principali alture non restano che tracce di muraglie, in alcuni casi neppure queste. Un aiuto viene dalla toponomastica che aiuta nella ricostruzione, come per Castellara, Poggio Castellaccio, Castelvecchio, Poggio della Rocca.

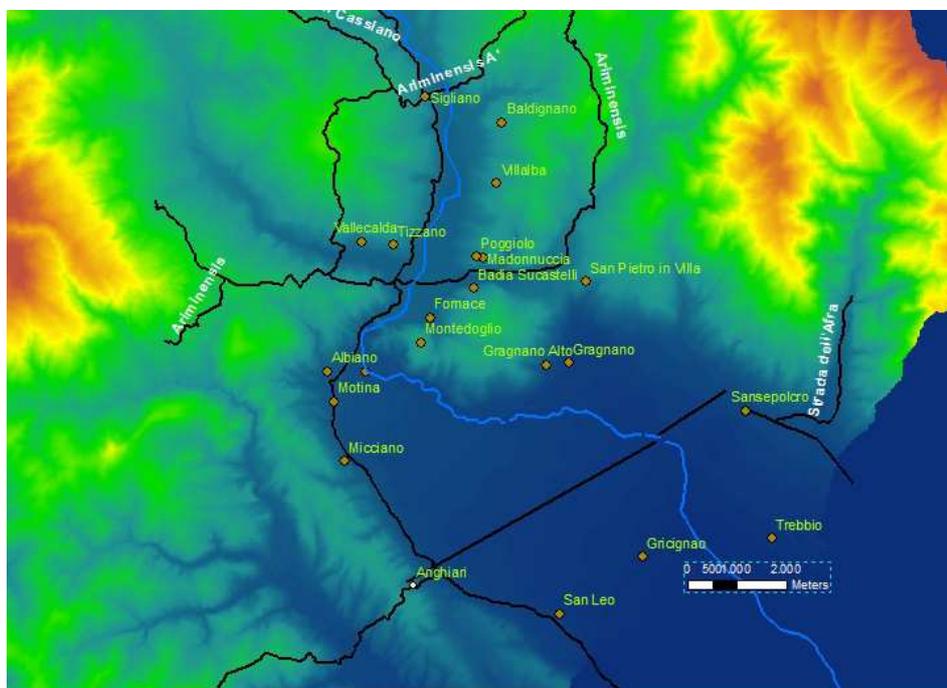
Sono stati poi cartografati i mulini noti sia su base archivistica e bibliografica (Cherubini 2004), sia su base cartografica, in quanto ancora riportati sul catasto lorenese.

5.2.2.2 Viabilità e percorsi

Il territorio oggetto di studio svolgeva già dall'epoca Romana l'importante ruolo di crocevia quale percorso quasi obbligatorio per valicare l'Appennino per mettere in correlazione Rimini e Roma. In particolar modo questo passaggio giocò un ruolo fondamentale durante la II guerra punica per lo spostamento di truppe.

Il territorio era attraversato da due arterie principali testimoniate da vestigia e da toponimi: una è la Via Tiberina e l'altra è la *Ariminensis*.

Tali percorsi, già ampiamente studiati dalla letteratura (Fatucchi 1974, Tagliaferri 1991, Zamarchi Grassi e Scarpellini est. 1992, Vivoli 1992, Quilici et al. 1996, Mattesini 1998), sono stati in primo luogo ricostruiti e digitalizzati nel geodatabase all'interno della *feature class* di tipo lineare "Viabilità" (figura 5.10).



5.10 – Immagine di overlay della *feature class* "Viabilità" sovrapposta al DEM.

La relativa tabella di attributi ha previsto l'inserimento dei dati relativi al nome, all'epoca storica ed alle fonti. I percorsi, ricostruiti dalla maggior parte degli autori a partire dalla attuale viabilità, sono stati confrontati con la testimonianza del catasto lorenese, in quanto la viabilità a partire dal XIX secolo ha modificato moltissimo la sua struttura, spesso modificando i suoi tracciati rispetto a quella antica. La via tiberina in particolar modo è quella che offre più punti interrogativi, in quanto per larghi tratti non è rintracciabile un percorso univoco neppure sulla cartografia ottocentesca.

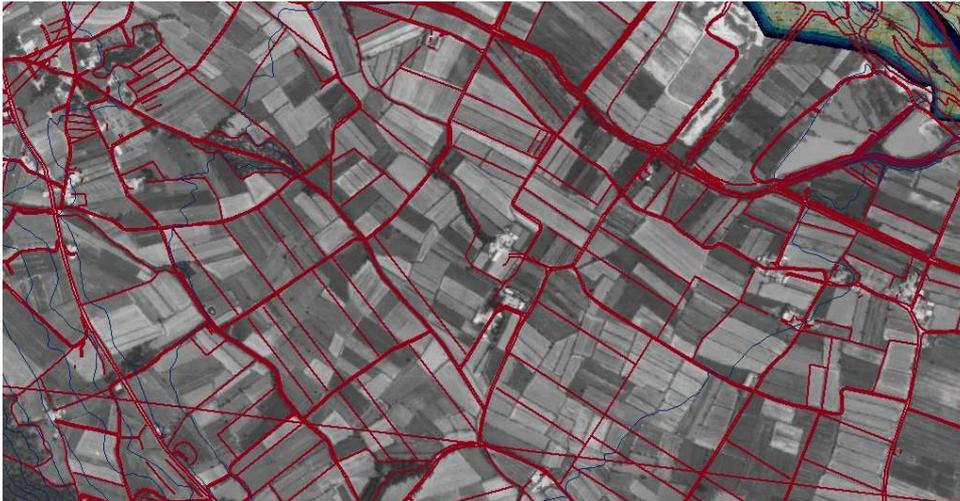
I percorsi stradali sono stati analizzati in ambiente GIS, anche mediante analisi di tipo 3D, per la valutazione delle pendenze, attraverso lo studio del DEM; sono stati inoltre relazionati spazialmente con le *feature class* delle presenze archeologiche.

5.2.2.3 Assetto agricolo: gestione del demanio e ipotesi sulla centuriazione

Attualmente la valle del Tevere risulta caratterizzata da un'agricoltura intensiva, con colture dedicate in maniera prevalente a tabacco e cereali che prevede un impiego ingente della risorsa idrica del bacino di Montedoglio per l'irrigazione nei mesi primaverili ed estivi.

Utilizzando i dati di archivio e i dati multispettrali, la tessitura agronomica è stata studiata ed elaborata con lo scopo di rintracciare in primo luogo le trasformazioni generali dell'assetto agricolo, e secondariamente in chiave archeologica, per individuare eventuali tracce di paleoalvei e di un assetto centuriato della zona.

Chiaramente tutte le trasformazioni subite dalla zona (in particolar modo il riordino fondiario, figura 5.11) e le tecniche colturali invasive che sono impiegate oggi hanno comportato una grossa perdita di informazione e soprattutto di testimonianze archeologiche.



5.11 – Trasformazioni sulla trama agricola conseguente al riordino fondiario: in rosso lo *shapefile* contenente i margini degli appezzamenti attuali sovrapposti all'immagine EIRA 1975.

Sulla effettiva organizzazione della zona in centurie a partire dal I sec d.C. esistono opinioni contrastanti: Tagliaferri (1991), Ristori (1985), Braconi (2008), Cecconi (2005) e non da ultimo uno studio condotto dalla Cooperativa Archeologia per conto del Comune di Anghiari (Pocobelli 2010) ed uno recentissimo conseguente alle ultime campagne di scavo nel comune di Sansepolcro (Laurenzi 2012) hanno espresso opinioni divergenti su questo argomento.

In particolar modo per lo studio relativo ad una ipotesi di centuriazione è stata estratta, attraverso l'analisi del contenuto spettrale dell'immagine ripresa con il sensore AHS, una immagine NDVI e da questa è stata successivamente tratta, con tecniche di miglioramento spaziale, una immagine che ponesse in risalto gli elementi lineari con una matrice 3x3, *detection edge*.

Anche sulle le immagini del volo EIRA 1975, precedenti al riordino fondiario, è stata applicata un'analisi di *detection edge* per studiare le zone agricole nella parte settentrionale della vallata.

Attraverso la fotointerpretazione sono state disegnate tracce relative agli allineamenti di margini di campi e fossati che ricorrono frequentemente nella zona, ed è stata tracciata una ipotesi ricostruttiva della centuriazione della piana.

5.2.2.4 Idrografia

Per i contenuti relativi all'idrografia sono state create due *feature class*: una relativa all'idrografia esistente e una relativa ai paleoalvei identificati.

La *feature class* denominata "Idrografia" è di tipo lineare; vi sono stati inseriti come contenuto informativo i tracciati relativi all'attuale corso del fiume Tevere e dei principali corsi d'acqua identificabili. La *feature class* denominata "Paleoalvei" contiene le tracce di antichi percorsi fluviali identificati per fotointerpretazione. Nella relativa tabella degli attributi sono stati inseriti dati relativi al nome e all'epoca storica.

Per cercare di ricostruire il tracciato del fiume Tevere nella vallata precedente al 1197, data in cui il letto del fiume fu spostato più ad Est, sono stati utilizzati tutti i dati a disposizione, in particolar modo un contributo importante è stato fornito dallo studio delle carte geologiche a varia scala, dal DEM e dalla cartografia storica.

In particolar modo il DEM ha fornito un contributo determinante attraverso due tipi di analisi, lo strumento di calcolo delle pendenze "*Slope of DEM*" all'interno del modulo 3d Analyst di ArcGIS e l'applicazione del modulo ArcHydroTool.

L'analisi "*Slope of DEM*" elabora un nuovo strato informativo di tipo raster (figura 5.12) che puntualmente evidenzia le pendenze del terreno possibilmente compatibili con la presenza di antichi alvei del fiume o che testimoniano tracce dello scorrere delle acque.



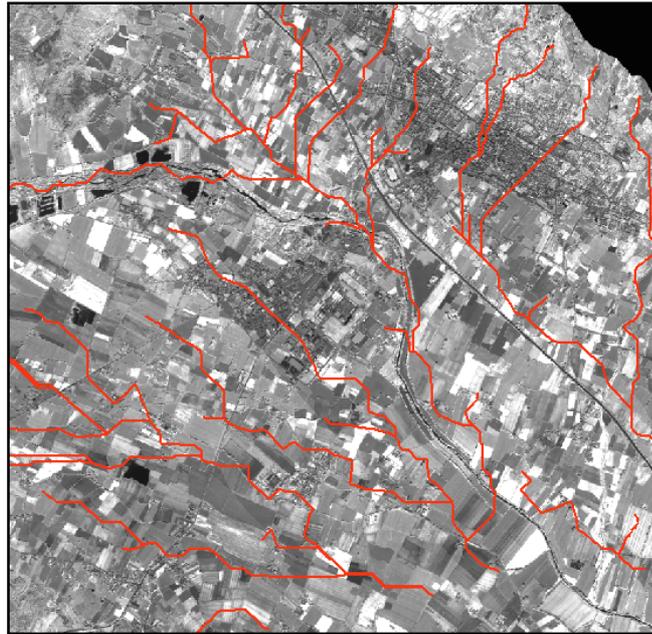
5.12 – Immagine elaborata dal DEM che rappresenta il calcolo delle pendenze.

Altro contributo essenziale del DEM allo studio dei paleoalvei è rappresentato dal calcolo dei percorsi delle acque, effettuato con l'applicazione ArcHydroTool, che elaborando le informazioni tridimensionali è in grado di estrarre in maniera automatica il reticolo di drenaggio.

Il DEM è sottoposto ad operazioni di pre-processamento per individuare eventuali punti di incongruenza (punti depressi o picchi eccessivamente elevati) che vengono corretti attraverso le quote delle celle circostanti con un algoritmo di percorso delle acque, che stima le traiettorie di flusso in un DEM basandosi sulle direzioni di massima pendenza.

Dall'uso di questo algoritmo il software produce un nuovo *grid* che esprime direzioni di flusso locali: ad ogni cella viene assegnato un valore che indica verso quale delle celle circostanti si dirige il flusso. Grazie a questo nuovo modello il software calcola inoltre quante altre celle drenano il proprio flusso in quella direzione per valutare la cumulazione di più celle attigue. Si ottiene così un nuovo *grid* che rappresenta la griglia dei flussi cumulati che vengono successivamente filtrati attraverso un livello di soglia minima impostata per

contenere solo i dati di una certa consistenza. Infine per successivo processamento il software crea una griglia di segmenti di flusso che possiedono un'identificazione univoca. L'ultima operazione consiste nell'applicare una funzione che dalla griglia di flusso e da quella dei segmenti identificati crea una *feature class* di linee di drenaggio come mostrato in figura 5.13.



5.13 – Esempio di linee di drenaggio estratte dal software ArcHydroTool dall'elaborazione del DEM.

L'elaborazione fornita da ArcHydroTool ha messo in evidenza nella zona centro-meridionale della vallata una serie di linee di flusso che scorrono parallele in direzione NordOvest-SudEst secondando la pendenza della morfologia, ed una significativa presenza delle linee di drenaggio parallele alla faglia nel settore Nord-Ovest della vallata.

6. Discussione e risultati

Oggi la valle del Tevere, che si apre allo sguardo dall'alto del Castello di Montedoglio, offre un panorama composito, in cui la natura porta costantemente i segni della presenza dell'uomo e il paesaggio è fortemente disarticolato dai numerosi interventi collegati allo sviluppo sociale ed economico: la strada di Grande Comunicazione E45 con ponti e cavalcavia, la diga di Montedoglio ed il suo invaso, i laghi di cava, le attività agricole.

Dopo il lavoro di analisi e di reperimento dei dati sono state realizzate tre mappe al fine di interpretare i dati raccolti, tematizzati per meglio ricostruire l'assetto della zona nei passaggi più significativi. È stato scelto di realizzare una mappa che rappresentasse l'assetto paesaggistico all'epoca romana imperiale, una per l'epoca tardomedioevale, ed una che interpretasse il paesaggio contemporaneo per descrivere lo stato attuale dell'area.

6.1 Ricostruzione del paesaggio dell'Alta Valle del Tevere in epoca Romana

6.1.1 I paleoalvei

Per quanto riguarda l'epoca romana, sia le fonti di archivio che i reperti archeologici testimoniano una intensa occupazione del territorio, ed anche i molteplici toponimi di origine prediale raccontano un insediamento diffuso e capillare (Micciano, Tubbiano, Libbiano).

All'epoca Romana la Alta Valle del Tevere fino a *Tifernum Tiberinum* era con ogni probabilità sentita come territorio interamente etrusco, e qui il Tevere non svolgeva una linea di confine così netta come accadeva nel suo tratto medio (Sisani 2008). Lo testimonia il fatto che lo stesso Plinio il giovane definisse la sua villa "*in Tuscis*" pur trovandosi essa in riva sinistra del Tevere nei pressi di San Giustino vicino a Città di Castello, cioè nel segmento più basso della valle. Un testimone d'eccezione, che ha lasciato uno splendido affresco dell'intera vallata è proprio Plinio, che amò tanto la sua Villa *in Tuscis* da preferirla alle sue altre proprietà. In una lettera diretta ad Apollinare, Plinio descrive la sua Villa e l'intera valle in cui si trova con dovizia di particolari, fornendo preziosissime

testimonianze sull'assetto paesaggistico, sulle colture, sul fiume, sulle acque e sull'economia della zona nel I sec. d.C.⁶.

In particolar modo le informazioni che Plinio fornisce riguardano sia lo stato delle acque che la conformazione dei suoli. In primo luogo, nel descrivere la grande fertilità di quelle terre e la rigogliosità della messi, ne adduce il merito alla estrema abbondanza di acqua in tutta la pianura, che è attraversata da una molteplicità di ruscelli perenni. Al tempo stesso però Plinio tranquillizza Apollinare su come non vi siano paludi, in quanto i ruscelli, grazie alla pendenza, portano fino al Tevere l'acqua non assorbita dal terreno. Questo risultato è frutto di un controllo delle acque e di una situazione di fossati e canali ben regimentata e controllata che garantiva il regolare deflusso delle acque secondo la pendenza della vallata.

In un passo di poco successivo, Plinio descrive il Tevere ed i suoi cambiamenti nelle varie stagioni: in inverno ed in primavera lo descrive come fiume abbondante e navigabile, "strada d'acqua" per portar a Roma materiali e provvigioni. D'estate invece il fiume va in secca a tal punto da perdere la possibilità d'esser navigato e mostra parte del suo letto.

Dall'alto della sua visuale la valle appare a Plinio bellissima, quasi disegnata da un pittore, una descrizione che testimonia l'estrema armonia degli elementi del paesaggio e la forte antropizzazione della valle in epoca romana.

Per quanto riguarda invece la conformazione dei suoli, Plinio nota che perfino sulle colline che digradano dall'Appennino alla pianura il suolo è fertile e coltivabile, "non è infatti facile trovarvi della roccia nemmeno a cercarla", tanto l'alto strato di sedimenti lacustri risalenti allo svuotamento dell'antico lago Tiberino nel pleistocene superiore ricoprono la zona.

Punto fondamentale di uno studio del paesaggio in epoca romana è la ricostruzione della posizione del fiume Tevere precedente allo spostamento del 1197.

Per ricostruire in maniera plausibile la sede del paleoalveo del Tevere la testimonianza del Taglieschi ha fornito la base per delle analisi condotte con gli

⁶ C. Plinio, *Epistulae*, V, 6.

strumenti del GIS. Taglieschi scrive nel sec. XVII, circa 400 anni dopo il fatto, ma si basa su documenti di archivio a sua disposizione e riporta “il fiume Tevere fino a questo tempo (1197) scorreva vicino ad Anghiari poco più di un miglio nelle basse traversando la villa di S. Leo”. Taglieschi fornisce così due punti di riferimento che saranno la base di partenza della ricostruzione: la distanza del letto del fiume dalla città di Anghiari e la localizzazione del paese di San Leo. Prima dell’adozione del sistema metrico decimale il miglio era una unità di misura che poteva variare dai 1102,40 metri del miglio fiorentino di braccia 2000 a terra, al valore del miglio toscano corrispondente a 1653,61 metri (Vivoli 1992).

Le testimonianze riportate dalle carte Taglieschi risultano attendibili: l’obiettivo dell’autore è proprio quello di fare storia attraverso documentazione certa.

“Con la fida scorta dunque di questi uomini e scrittori illustri et approvati, ho soddisfatto in parte il mio studio: perché sì dall’historie stampate e manoscritte, sì ancora dalle memorie del sacro eremo di Camaldoli, dalli antichi registri della comunità e fraternità d’Anghiari, da criminali e civili di cancelleria, da molte scritture et imbreviature di notai anghiaresi e forestieri, da’ catasti dell’abbazia d’Anghiari, come anche da alcuni quaderni di Ser Giusto Giusti, da certi scritti di messer Francesco Taglieschi, mio padre, e da altre scritture pubbliche e private pervenutemi in mano, io qual ape, cavando da chi una cosa e da chi l’altra, senza mettervi di mio altro che la fatica di raccogliere e la diligenza di disporne a’ suoi luoghi e anni le cose raccolte, ho formato ad honor di Dio e la gloria della patria questi miei scartafacci.” (Taglieschi 1991).

In particolar modo all’anno 1197 Taglieschi riporta la fonte relativa alla notizia dello spostamento del fiume annotando che “si trova, in un antico catastro esistente nella camera fiscale di Fiorenza”.

Ritenendo dunque attendibile la fonte è stato possibile ipotizzare un percorso per il precedente alveo del Tevere.

Attualmente il fiume, all’uscita della stretta del colle di Montedoglio, attenuata la propria energia per la presenza del rilievo, esce nella piana tra Anghiari e Sansepolcro formando una ansa che porta la traiettoria del suo corso direttamente verso la città di Sansepolcro.

Con ogni probabilità il fiume in epoca arcaica doveva invece uscire a diritto dalla stretta di Montedoglio e, data l'energia che aveva accumulato nel tratto appenninico anche per la confluenza del Tignana e del Singerna, che vi si immettono subito a monte della stretta, doveva proseguire verso Sud scostandosi di poco più di un chilometro e mezzo dalle colline di Anghiari correndo lungo la faglia, per finire di nuovo nell'attuale alveo all'altezza di Fighille. Da un esame del profilo longitudinale del fiume Tevere con quello del Sovara, nel suo tratto medio e terminale, emerge come questo ricalchi fedelmente il corso del Tevere dal punto di vista altimetrico (Giusti 2001). Cattuto (1995) ha ipotizzato quindi che l'ultimo tratto del Sovara che attraversa la pianura possa essere il risultato di sovrapposizione su di un paleoalveo del Tevere.

Il fiume prima della costruzione dell'invaso presentava un andamento torrentizio testimoniato anche da Plinio, e nei mesi autunnali ed invernali aveva molta energia, l'alveo era ampio ed il fiume navigabile, andava pertanto ad incidere i sedimenti alluvionali più antichi risalenti al lago Tiberino del pleistocene superiore, lasciando nei suoi esondamenti successivi i sedimenti delle alluvioni recenti.

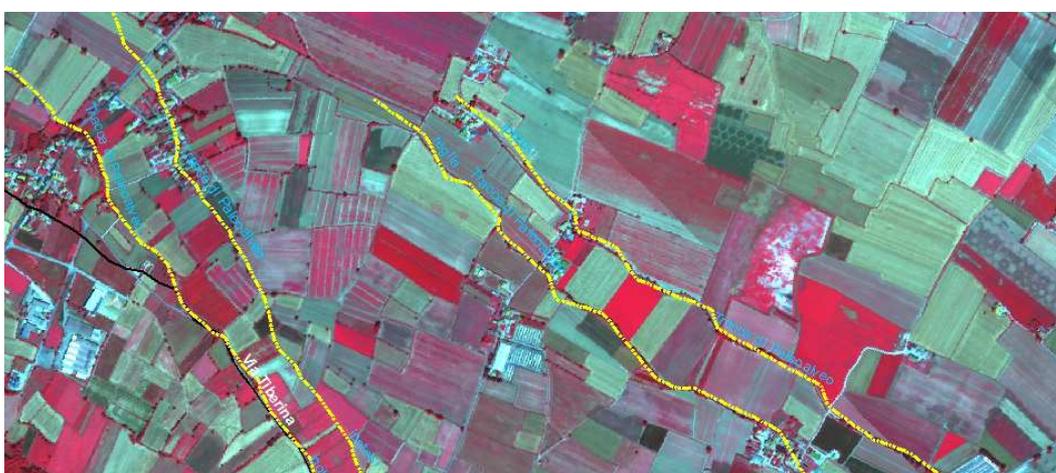
L'arginatura del fiume, data la veemenza delle correnti nel tratto di uscita dal rilievo appenninico, è sempre stata un problema fino ad epoche recenti. Nella rivista "La Valle Tiberina" del 1866 si legge: "... [il Tevere] giunto a Montedoglio si sprigiona dall'angusto letto e traversa con ismodata licenza l'adiacente pianura. Molti tentativi furono fatti onde frenare con arginatura questo fiume impetuoso ma i risultati ottenuti non sono stati pienissimi per il tratto almeno da Montedoglio al ponte presso Sansepolcro; mentre per l'altro tratto da S. Sepolcro a Città di Castello, per il quale il fiume procede con minore violenza, la conquista dei terreni prima occupati da esso è stata maggiore e quest' opera è principalmente dovuta al fu Anton Giuseppe Collacchioni [cioè il proprietario della fattoria di Gricignano]..." (PTCP scheda CI 05/01/A).

L'analisi del DEM effettuata ha messo in evidenza come la morfologia della pianura avalli questa ricostruzione del paleoalveo, con una pendenza della fascia ai piedi della costa di Anghiari coincidente con la presenza del letto del fiume ed al tempo stesso con la descrizione dell'innalzamento dello stesso che

ne fa il Taglieschi e che avrebbe comportato la difficoltà di drenaggio dei rivoli provenienti dalle vicine colline anghiaresi.

Il paleoalveo è stato ipotizzato per fotointerpretazione basandosi sulle tracce riscontrabili nella tessitura dei campi e interpolando a questa ulteriori elementi quali il Dem e lo studio delle pendenze, la carta geologica e i dati di archivio.

L'analisi è stata condotta per fotointerpretazione sulle immagini EIRA del 1975 e sulle immagini CASI e AHS del 2010. Dall'interpretazione si nota infatti una variazione dell'orientamento dei campi che potrebbe essere stata causata dalla nuova disponibilità della porzione di terreno dopo l'abbandono da parte delle acque del fiume deviate nel nuovo letto.



6.1 – Tracce di paleoalveo identificate tramite fotointerpretazione

Dalle analisi effettuate sulle immagini iperspettrali però, né le Componenti Principali, né gli indici vegetazionali NDVI hanno evidenziato anomalie o segni riconducibili alla presenza del paleoalveo; questo deve essere ricondotto principalmente alle tecniche colturali utilizzate dalla moderna agricoltura che lavorando i terreni così in profondità non consentono di rintracciare variazioni significative nelle coperture, né per quanto riguarda tracce di umidità, né variazioni nello stato vegetativo delle colture.

Le alluvioni terrazzate del Tevere sono descritte in letteratura su tre ordini, il più antico si presenta con un'altezza di circa 150 m rispetto all'alveo attuale, fino al più recente con un'altezza di 5-15 m (Giusti 2001). L'analisi dei carotaggi

disponibili grazie al progetto VEL della Regione Toscana ha consentito di leggere inoltre la sequenza sedimentaria della piana.

A valle della costa di Anghiari, due sono i carotaggi significativi: uno realizzato a Nord in località Muricce e uno a Sud di Anghiari, in località San Leo. Nessuna delle due analisi ricade all'interno del paleoalveo. I sedimenti di tipo alluvionale si presentano per una profondità di circa 30 metri e sono costituiti da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi con lenti di argilla, con spessori variabili. Questa alternanza descrive infatti una situazione che vede fasi di maggior energia che trasportano dai rilievi appenninici detriti più grandi e sub arrotondati o arrotondati a causa del tragitto effettuato prima della deposizione, e fasi di minor energia in cui si depositano gli elementi più fini rimasti in sospensione in acque calme. Lo strato più basso delle perforazioni si caratterizzano per la presenza di argille grigio-azzurre riconducibili alle facies lacustri e plio-pleistoceniche.

6.1.2 Viabilità nella zona all'epoca romana

Altro elemento decisivo per la comprensione del paesaggio antico è rappresentato dalla viabilità, su cui uomini, merci e milizie si sono spostate ed hanno percorso la vallata. Nella valle fu realizzato un fitto sistema viario, di cui soprattutto è significativa la *via Ariminensis* costruita nel 208 a.C da Livio Salinatore, da cui deriva probabilmente la sua denominazione volgare di via Libbia (via Livia) e percorsa nel 49 a.C. da Marco Antonio durante la guerra civile (figura 6.2).

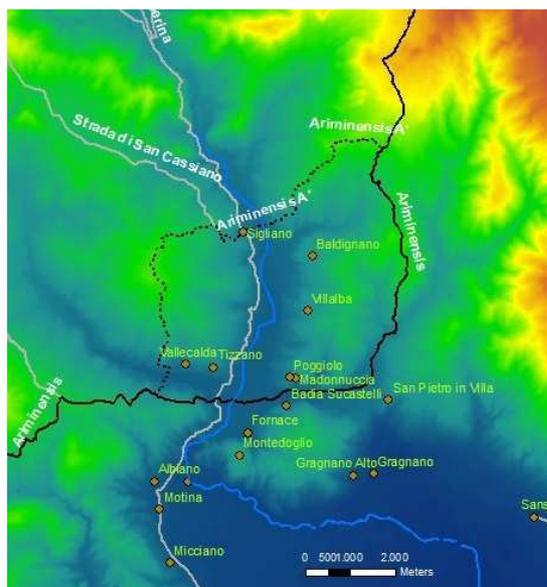
La *via Ariminensis* in particolar modo ha giocato, prima della costruzione della Flaminia, un ruolo di raccordo tra la Emilia e Cassia.

“Strada di maggior impatto e strategicamente più importante sul territorio è la *Via Ariminensis* o *Via Major* (via Maggio) con un ruolo principale quale percorso militare, che si inserisce in un quadro strategico di Roma per la connessione tra Arezzo e Rimini e quindi come via privilegiata di taglio dell'Appennino, in quanto sia Arezzo che Rimini hanno svolto un ruolo di basi operative e di appoggio sia nella lotta contro i Galli, sia nelle vicende delle guerre puniche” (Tagliaferri 1991).

Il complesso sistema viario doveva avere al suo interno numerose biforcazioni, e si collegava al sistema della transumanza. Molte di queste antiche vie sono divenute oggi mulattiere, in alcune delle quali si sono rintracciate parti di selciato romano. Come detto sono due le strade in particolar modo strategiche: la *Via Ariminensis* e la via Tiberina. Le due vie, che costeggiavano tra l'altro i Monti Rognosi, erano anche i percorsi principali di trasporto, non solo di uomini ma anche di materiali, e convogliavano al Tevere i minerali ed i metalli della zona. Ovviamente infatti la grande via di trasporto era il Tevere, che nei mesi invernali consentiva lo spostamento delle merci prodotte nella zona, soprattutto *trabes* come testimoniato, oltre che dalle fonti antiche, anche da alcuni toponimi importanti quali Bocca Trabaria (Diosono 2008).

La strategicità della zona è testimoniata anche dalla presenza di otto ponti romani appartenuti però ad epoche diverse (Quilici et al. 1996).

Il percorso della *Ariminensis* è testimoniato principalmente dalle vestigia di ben tre ponti romani sul Tevere (figura 6.3) di cui fino agli anni settanta del novecento rimanevano ancora spoglie, oggi o demolite durante le opere conseguenti alla costruzione della diga o sommerse dall'invaso. A causa del crollo di alcuni di essi la via *Ariminensis* ha però subito in epoca tarda un cambiamento nel suo tracciato, dovendo trovare un secondo punto in cui attraversare i fiumi della alta valle nel territorio di Pieve Santo Stefano.



6.2 - Il percorso della *Ariminensis* ricostruito da Tagliaferri (1991). Il percorso tratteggiato rappresenta la variazione al percorso realizzata dopo il crollo del ponte sul Tignana ed il crollo del secondo ponte sul tratto più meridionale del Tevere vicino a Montedoglio.

Altra strada fondamentale per lo spostamento di uomini e mezzi nella vallata da Nord a Sud è la via Tiberina, che passando vicino al rilievo che chiude a Ovest la valle, passava ai piedi di Anghiari per proseguire fino a Città di Castello. Oggi esiste ancora una strada che percorre la vallata e che con ogni probabilità è da identificarsi con la stessa via Tiberina o comunque con un percorso ad essa circa parallela (Pocobelli 2010). Questo antico asse viario è quello che, rispetto alla ipotesi ricostruttiva di Tagliaferri, ha posto più difficoltà, perché ampie parti di questo percorso, ricostruito dall'autore anche sulla base della viabilità attuale, non è presente invece sul catasto leopoldino e non ha pertanto una continuità diretta. È significativo notare come la maggior parte degli insediamenti archeologici risulta allineata proprio lungo il percorso della Via Tiberina, in posizione collinare, in quanto conformemente alle ipotesi ricostruttive del paleoalveo, si trattava di posizioni sicure da un punto di vista "idraulico", e consentiva di non venire raggiunti da piene ed esondazioni.



6.3 - Le vestigia di uno dei pilastri del ponte romano di Sigliano, attualmente sommerso dall'invaso di Montedoglio (da AA. VV. 1990).

6.1.3 La gestione agricola della vallata e ipotesi di ricostruzione della centuriazione

La fertile Valtiberina secondo la testimonianza di Plinio era sfruttata da un sistema agricolo suddiviso tra versanti collinari e pianura. I primi destinati ai vigneti intensivi, la seconda destinata alle messi o lasciata a maggese con prati per l'allevamento (Braconi 2008). Nel paesaggio agricolo della vallata i campi sono inoltre bordati dalla tipica alberata, tecnica colturale dove le viti maritate vengono coltivate al margine del campo secondo una usanza ancora viva fino a pochi decenni fa. Quello della viticoltura era una delle principali fonti di reddito della vallata (Molina Vidal 2008) e le produzioni venivano esportate verso l'Urbe insieme ai legni di pregio dell'Appennino, castagno e abete.

Il sistema insediativo vedeva invece le poche *villae* (come la Villa *in Tuscis* di Plinio) collocate in collina, circondate da vigneti intensivi, e piccoli abitati (che hanno lasciato pochi reperti), mentre nella pianura, divisa ed assegnata ai coloni, i campi erano contraddistinti dalle viti maritate (Braconi 2008).

Per quanto riguarda la centuriazione e l'assegnazione delle terre, l'ipotesi ricostruttiva è che una sistemazione agricola per centuriazione sia stata fatta già in epoca repubblicana, con una successiva redistribuzione delle terre all'epoca di Tiberio, come testimonia il *liber coloniarum* (Grom. Vet. 224, 1-55 L.) per l'*Ager Tifernus*. Il *liber coloniarum* non ci dice quando fu realizzata la prima centuriazione, né se le terre riassegnate all'epoca di Tiberio ad un numero inferiore di coloni siano state accorpate o se siano entrate a far parte dell'*ager publicus* (Braconi 2008). Per quanto riguarda la maglia della divisione delle terre, sono state avanzate molteplici ipotesi riguardanti l'orientamento.

È fondamentale precisare che di tale centuriazione non rimane traccia archeologica provante (Pocobelli 2010), anche se in recenti scavi archeologici presso il sito del Trebbio-Spinellina e in località Olmo di Costolino, sono stati ritrovati fossati d'epoca romana databili al I a.C./I d.C. che, se rappresentassero tracce della antica rete di drenaggio risalente alla centuriazione, permetterebbero di ipotizzare un orientamento di 27° (Laurenzi 2012).

È da notare inoltre che, dagli studi condotti in merito alla Villa di Plinio, è stato ipotizzato un diverso orientamento della sistemazione dei campi intorno alla villa rispetto al resto della vallata, ed è stato suggerito che potrebbe trattarsi di un *fundus exceptus* (Braconi 2008).

Viste le ipotesi così discordanti, durante lo studio per la ricerca di tale sistema agricolo si è utilizzato in maniera prevalente il materiale fotografico degli anni '70 (precedente al riordino fondiario), ma sono state analizzate anche le immagini CASI e AHS 2010, utilizzando tecniche di *spatial enhancement* che ponessero in risalto gli elementi lineari, principale oggetto da identificare. Le tracce rilevate (figura 6.4) sono state poi confrontate con il catasto lorenese per poter eliminare le tracce più recenti rispetto al 1820.

Dall'analisi effettuata con tecniche di miglioramento spaziale si è potuto rilevare (come già era stato fatto nel passato grazie alla topografia) un certo allineamento coerente di alcuni elementi di campi e fossati lungo due direttrici perpendicolari. Tale allineamento è riscontrabile sia nei documenti storici che nelle immagini. È stata pertanto ipotizzata una centuriazione con maglia regolare di 20x20 *actus*. È comunque da rilevare che queste tracce seguono una inclinazione che è conforme al naturale deflusso delle acque nella vallata, seguendo la morfologia

del declivio, e pertanto potrebbero non essere obbligatoriamente riconducibili ad una centuriazione antica ma alla morfologia, come si può desumere mettendole a confronto con le linee di drenaggio rilevate dall'analisi del DEM di ArcldroTool.

Che la centuriazione dell'*ager tiferinum* abbia riguardato anche questa zona della pianura, ad oggi è ipotizzato anche alla luce delle recenti scoperte, ma dalle analisi condotte attraverso il *remote sensing* si può dedurre che le continue esondazioni del Tevere ed i continui rimaneggiamenti della sistemazione agricola nel corso di due millenni, abbiano cancellato le tracce dell'antica organizzazione centuriata che potevano essere visibili direttamente sulle coperture a terra. Le tracce oggi evidenti, in qualità di allineamenti, potrebbero essere dovute al normale secondamento del deflusso delle acque. Questo anche perché gli interventi antropici più sostanziali (come ad esempio lo spostamento del letto del fiume nel XII sec.) avrebbero dovuto creare delle lacune rintracciabili in questa maglia di testimonianze, che invece risulta continua su tutta la pianura. È dubbia pertanto, in assenza di ulteriori prove archeologiche da scavo, la possibilità di identificarla e ricostruirla nelle trame del tessuto agricolo odierno.

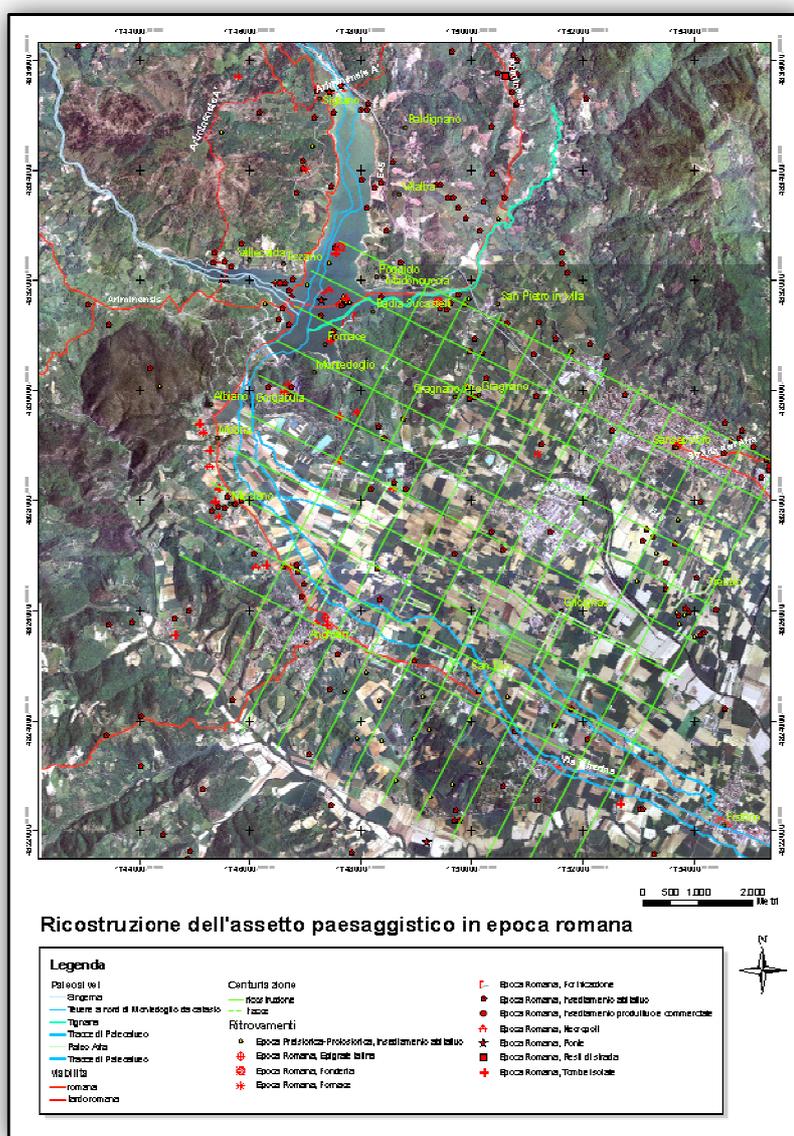


6.4 - Ipotesi di ricostruzione della centuriazione in rosso, tratteggiati in rosso sono le tracce identificate sulle immagini e riscontrate anche sul catasto leopoldino.

6.1.4 La carta del paesaggio in epoca tardo romana

Alla luce di quanto emerso fin qui è stata prodotta una carta in scala 1:50.000, che riassume gli elementi chiave descritti (figura 6.5).

La carta contiene una base georeferenziata, costituita dalle ortofoto a colori del 2007 della Regione Toscana, scelte per la loro alta risoluzione, sulla quale sono stati cartografati gli elementi decisivi sopra descritti: i paleoalvei identificati, compresi quelli rintracciabili nel tratto Nord del Tevere, nella zona attualmente ricoperta dall'invaso, e il paleoalveo del fiume Afra, identificato durante gli scavi dell'Università di Siena presso il sito del Trebbio (Benvenuti 2008). Gli altri strati informativi cartografati sono stati: reperti archeologici quali insediamenti, necropoli, tombe isolate, fornaci, come da bibliografia, la viabilità antica ricostruita, l'ipotesi di centuriazione e i principali toponimi.



6.5 – Mappa della ricostruzione dell'assetto paesaggistico in epoca tardo romana.

6.2 Il paesaggio nel Tardo Medioevo: le prime trasformazioni al paesaggio

6.2.1 Le trasformazioni all'idrografia e al sistema economico ed insediativo

In epoca Medievale il paesaggio agricolo subisce grandissime trasformazioni: il territorio si è fortemente incastellato, ed è presidiato economicamente dal sistema delle pievi, che conservano nei toponimi forte connotazione prediale con terminazioni in -ano e -ana omogeneamente diffusi.

Il territorio è ancora sfruttato intensamente a fini agricoli, ma il principale problema con il quale si trovano a combattere gli abitanti dell'Alta Valle del Tevere è quello di evitare impaludamenti, in quanto le abbondanti acque che defluiscono dalle colline di Anghiari non riescono più a raggiungere il Tevere, creando costantemente problemi alle colture ed alla salubrità della zona. Rispetto al quadro tratteggiato da Plinio la situazione si è molto modificata in peggio, e come testimonia il Taglieschi⁷ lo spostamento del fiume comporta per la Comunità di Anghiari un miglioramento, permettendo di recuperare terreni prima non coltivabili e migliorando la qualità della vita degli abitanti della vallata. Il fiume viene spostato in un luogo capace di ricevere tutte le acque, e questo comporterà

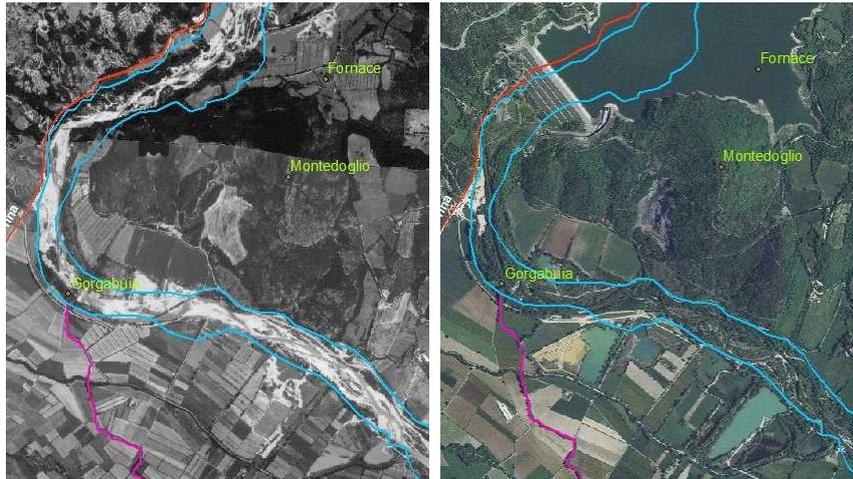
⁷Si riporta interamente il passo del Taglieschi per l'anno 1197. "Seguita l'anno 1197 nel quale né dentro né fuori d'Anghiari trovo fatta cosa memorabile se non che si trova, in un antico catasto esistente nella camera fiscale di Fiorenza, che il fiume Tevere sino a questo tempo scorreva vicino ad Anghiari poco più di un miglio nelle basse traversando la villa di S. Leo; ma havendo tanto alzato il suo letto che le acque piovane che vi scolavano d'Anghiari e dal Borgo, non potendo per la sua altezza sboccarvi, rendevano perciò inutili e paludose quelle pianure con danno notabilissimo di ambidue quei popoli. Et essendo stato ben considerato da quelli la causa di dove nasceva tanto disordine et havendola trovata, risolverono dunque, di consenso comune e con licenza dei conti di Montedoglio, di dar nuovo letto al fiume nella più bassa parte di quelle campagne, acciò con più facilità vi si potessero ridurre tutte l'acque et asciugare il piano per ridurlo nella prima coltura per utilità universale. E così i Borghesi (i.e. gli abitanti di Borgo San Sepolcro) lo tirarono vicino alla lor terra in luogo tanto basso e capace di ricever tutte l'acque che scorrevano sino dall'alpi in modo che, in breve tempo, resero sano e fruttifero quel bel piano; e gli Anghiaresi per il beneficio fatto a' Borghesi del concessione del fiume, gli fu permesso di allargare i confini del loro contado un miglio e mezzo più di quello che non havevano; essendo che avanti si desse il nuovo letto al Tevere, si trova in un antico catasto che da quella parte il confino d'Anghiari non passava la via che hoggi si dice del Palazzo."

anche lo spostamento dei confini del comune di Anghiari che guadagna delle terre su quello di Sansepolcro.

Il Tevere, è bene ricordarlo, all'epoca ha un andamento torrentizio, come è testimoniato ancora dalle foto precedenti alla costruzione della diga; il fiume ha molta energia, specialmente nei mesi invernali e scava canali nell'ampio letto e l'area golenale in particolar modo è molto ampia; è la situazione che rappresentano ancora all'inizio del XIX sec. le carte del catasto lorenese.

La morfologia a canali intrecciati è dovuta presumibilmente alla drastica variazione di pendenza in corrispondenza dell'uscita sulla pianura: il fiume, che trasporta un elevato carico di sedimenti provenienti dal tratto montuoso del percorso, al verificarsi di un cambio di pendenza perde l'energia fornita dalla corrente, che non è più sufficiente al trasporto della maggior parte dei materiali fino ad allora convogliati verso valle. Questo comporta la sedimentazione dei depositi in alveo con la conseguente formazione di isole ghiaiose, mentre le acque si dividono in numerosi canali secondari intrecciati tra di loro.

Per questo motivo per quest'epoca si è scelto di cartografare l'ampio alveo del Tevere e non il letto del fiume: questo è stato tracciato sulla base delle immagini precedenti alla costruzione dell'invaso e al catasto del 1800, cercando di rendere in carta un aspetto del fiume che fosse il più possibile assimilabile a quello antico (figura 6.6). Questo nasce anche dalla volontà di rappresentare in maniera grafica la forte presenza del fiume sul territorio, che all'epoca si presentava come un elemento dominatore della vita e del paesaggio della valle. La sua presenza determinava infatti continue lotte da parte degli abitanti per ottenere la coltura della terra in una ampia fascia nei pressi delle sponde e per la sopravvivenza del bestiame.



6.6 - L'alveo del Tevere disegnato grazie al catasto lorenese ed alle immagini del 1975 a sin. A destra l'attuale situazione del fiume; nella parte settentrionale dell'immagine si può notare come le tracce dell'antico letto del fiume siano ormai sepolte dall'invaso di Montedoglio.

Nel medioevo la pianura subisce nuove trasformazioni anche sull'impianto produttivo per il tipo di sfruttamento economico che ne fanno i Camaldolesi a partire dal XIII secolo grazie al sistema dei mulini. In particolar modo la vallata si servirà della già menzionata "Reglia dei Mulini" o "forra", un lungo canale che si distacca dal Tevere subito sotto alla stretta di Montedoglio per immettersi nel Sovara all'altezza di Citerna, e poi prosegue il suo corso parallelo a quello del precedente alveo del Tevere, servendo gli 11 mulini dislocati nel territorio, ancora attestati nella cartografia lorenese di inizio 800.

Il manoscritto del Taglieschi riporta a questo proposito:"[...] alla terra di Anghiari per essersi discostata come sopra dal fiume Tevere mancò la comodità dei mulini; laonde con istrumento, rogato il 24 Luglio 1228 da Ser Giovanni di Tancredi di Anghiari notaio imperiale, il Comune di Anghiari e quel di Citerna col Conte di Montedoglio convennero di designare, come la designarono, una gora, o canale, che uscisse a dirittura da Montedoglio al fiume Tevere, e scorresse quasi per mezzo del piano e andasse a terminare in quel di Citerna. E vi furono fabbricati undici mulini con grande spesa dei contraenti da servire ad Anghiari, a Citerna, al Borgo, a Monterchi e a tutte le Ville convicine. Ma il Conte di

Montedoglio non permise che la chiusa del Tevere per mandar l'acqua in detta gora si murasse, ma che si facesse una steconata di pali e sassi."

Anche Sansepolcro costruì successivamente una *reglia*, che doveva servire 4 mulini e che trovava alimentazione discontinua d'estate in quanto le acque venivano assorbite completamente dal canale a monte, e questo creò moltissime cause di discordie tra le due comunità, in quanto l'acqua era necessaria per servire i mulini, strutture portanti della economia della zona. Tra i documenti conservati nell'Archivio Storico di Firenze, la carta (Segreteria di Finanze ante 1788, 914. Pianta dimostrativa del piano di Borgo S. Sepolcro e di Anghiari in causa Mulini) redatta dal Morozzi ingegnere, architetto e cartografo granducale testimonia uno dei molteplici momenti in cui le autorità granducali furono chiamate a dirimere la questione tra le due comunità.

I conti di Montedoglio non vollero che la chiusa da cui doveva partire il canale dei mulini venisse costruita in muratura, ma la fecero realizzare posticcia con materiali quali legno e pietre. Questo provocò ulteriori problematiche, in quanto la forza delle acque del fiume spesso portava alla rottura della palizzata con conseguenti esondazioni e con la perdita della forza motrice per i mulini di entrambe le comunità, come testimoniato dalla pianta schematica del 1625 conservata presso l'Archivio di Stato di Firenze (Piante dei Capitani di Parte Guelfa, cartone XX, 19. Pianta del fiume Tevere da Injari a Borgho S. Sepolcro levata il dì 22 e 23 settembre 1625). La pianta si riferisce alla porzione di terreno da cui la Reglia dei Mulini di Anghiari si distacca dal Tevere. La legenda indica la "boccha della gora della spinosa di Montedoglio la quale è ripiena e rotta dal fiume del Tevere e non porta più l'acqua alli mulini di detto luogo" e "la chiusa di gorgha buia degli aniaresi quale è di sassi iaia posticci e non tiene l'acqua per non essere di muraglia ferma"; nella pianta compare anche il mulino di Francesco Franceschi d'Aghiari, l'attuale mulino di Catorcio unico degli 11 mulini ancora funzionante. (Vivoli 1992; Orefice 2005)

La Reglia dei mulini esiste ancora oggi in quanto è stata rispettata dalle operazioni di riordino fondiario poiché si tratta di elemento storico rilevante per le vicende economiche e sociali della Alta Valtiberina.

Con ogni probabilità la Reglia è stata scavata sul tracciato del precedente letto del fiume Tevere, che dopo circa trent'anni dalla variazione del suo tracciato,

dopo cioè che le acque si furono completamente ritirate, è stato possibile riutilizzare.

6.2.2 La Viabilità – continuità e trasformazioni

Per quanto riguarda l'assetto stradale, i principali percorsi attivi in epoca romana rimangono sostanzialmente invariati: la *via Ariminensis* è ancora percorsa, nella sua variante conseguente al crollo dei due ponti, dai passaggi stagionali di uomini e animali che effettuano la transumanza del bestiame.

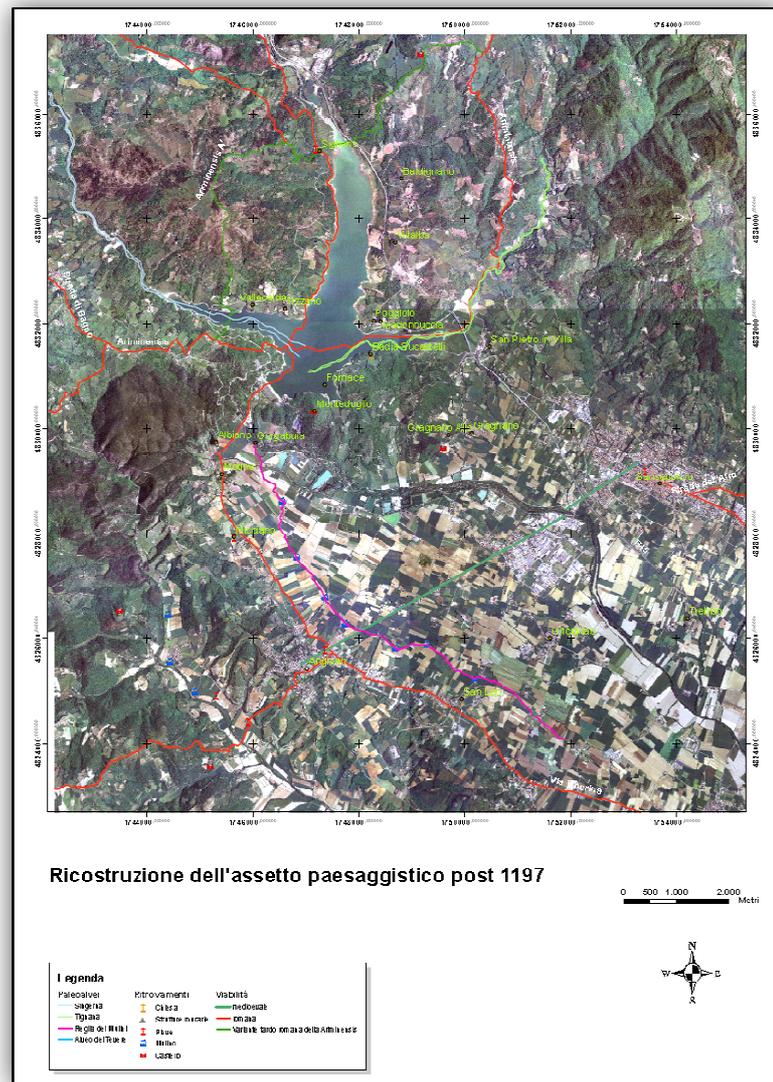
Un ulteriore asse viario importante, che rappresenta anche un elemento strutturale del paesaggio è il bellissimo stradone dritto che collega Sansepolcro e Anghiari che risale al XIV secolo (PSS) che collega i due centri maggiori della zona, e che vede la costruzione di un ponte sul Tevere attualmente testimoniato ancora dai piloni e dai resti di arcate sopravvissuti.

Si tratta di un elemento che connota fortemente il paesaggio in quanto attraversa l'intera pianura tagliandola trasversalmente e mettendo in collegamento diretto i due centri economici e politici principali.

6.2.3 La carta del paesaggio dell'alta Valle del Tevere post 1197

Per rendere leggibile il paesaggio fin qui descritto è stata prodotta una carta in scala 1:50.000, che riassume gli elementi chiave (figura 6.7).

La carta ha ancora come base georeferenziata le ortofoto a colori del 2007 della Regione Toscana, sulla quale sono stati cartografati: il nuovo letto del Tevere tracciato in tutta la sua ampiezza, la Reglia dei mulini, le pievi ed i castelli quali testimonianza della struttura politica e religiosa, i mulini per attestare la nuova struttura economica, infine la viabilità antica ricostruita e i toponimi principali.



6.7 – Ricostruzione dell'assetto paesaggistico dopo le trasformazioni dell'epoca Medioevale.

6.3 Epoca contemporanea – Le radicali trasformazioni al sistema idrografico e viario

Oggi la valle appare profondamente cambiata rispetto a quella che doveva essere in epoca storica. Dato lo sviluppo industriale e le nuove infrastrutture che sono state realizzate nella seconda metà del secolo scorso, il paesaggio si è

trasformato in profondità, presentando un volto che solo in parte lascia immaginare quello che doveva essere nell'antichità.

È proprio l'assetto idrologico, cioè l'elemento che più di ogni altro determina il carattere della Alta Valle del Tevere, ad essere profondamente mutato, di nuovo per l'intervento antropico: la diga di Montedoglio ha comportato una modificazione al paesaggio di portata eguagliabile solo a quella dello spostamento del Tevere in epoca medioevale.

Il patrimonio archeologico testimoniato principalmente dalle vestigia degli antichi ponti romani è rimasto sepolto sotto le acque dell'invaso di Montedoglio e il Tevere ha cambiato il suo portamento. Osservandolo oggi infatti, il fiume scorre regolare nel suo letto con una portata regimentata dall'ente gestore della diga, ed ha perso la stagionalità che contraddistingueva il suo andamento. Un tempo signore della vallata, elemento costruttore e distruttore del paesaggio, con cui l'uomo doveva lottare costantemente, per difendere le colture d'inverno dalle sue piene, e d'estate dalle sue magre, oggi si è trasformato in un fiume placido e regolare. Le acque che scendono dal sistema montano dell'Appennino vengono accolte dall'enorme vaso e non ha più effetto sul fiume a valle con l'energia accumulata sui rilievi. Il letto ha assunto una conformazione ad anse che prima non conosceva, in particolar modo per quanto riguarda la parte immediatamente a valle del colle di Montedoglio.

Proprio nel primo tratto del fiume la pianura porta altri segni del cambiamento antropico dovuto allo sviluppo industriale dell'area: le aree immediatamente adiacenti alle sponde sono state saccheggiate per l'estrazione di ghiaia e per la lavorazione di inerti, e a causa dell'eccessiva profondità delle escavazioni che hanno intaccato la falda freatica; sono sorti oggi dei laghi artificiali che sono il risultato di uno sfruttamento eccessivo delle risorse naturali e che modificano ampiamente l'aspetto della vallata.

Il riordino fondiario dei campi nel distretto più settentrionale della valle ha inoltre cancellato la traccia delle antiche particelle agricole, ed ha creato un paesaggio più artificiale. Ha modificato anche il sistema di irrigazione e di drenaggio dei campi con fossati e canali di profonda escavazione e con condotte idriche di grande portata che convogliano le acque dell'invaso verso i distretti della città di Arezzo e della vicina Valdichiana. Le piccole e intrecciate particelle agricole

hanno lasciato nel distretto settentrionale la sede per appezzamenti ampi e allineati. La tipica coltivazione delle viti maritate al limitare dei campi, che hanno una continuità quale forma di allevamento sin dall'epoca romana, non esistono più. Tali sistemi di allevamento e di bordatura avevano anche il valore di consolidare i limiti dei campi rendendoli pertanto elementi di continuità diretta con il passato e strutturavano il paesaggio.

Gli interventi realizzati in conseguenza dello sviluppo socioeconomico della vallata hanno comportato l'interruzione di connessioni vegetazionali, idrografiche, stradali, ed hanno spezzato in maniera irreversibile le relazioni ecologiche, spaziali e visuali costruite attraverso secoli di storia (Cinti 2008).

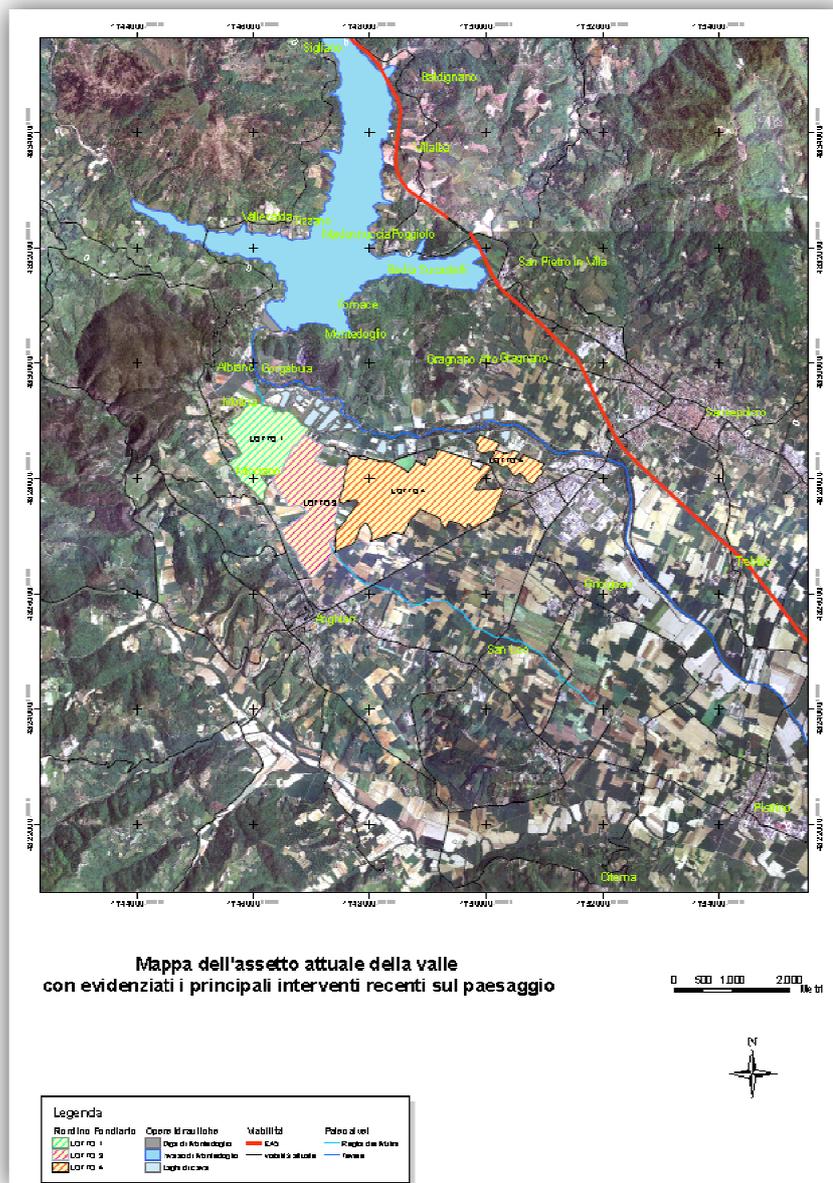
Anche la viabilità ha subito trasformazioni radicali: tutti i percorsi storici che sono rimasti sepolti sotto al lago sono stati sostituiti da una nuova viabilità, mentre nuove e moderne infrastrutture sono state create. La Strada Statale E45 attraversa tutto il territorio in oggetto e rappresenta il percorso di maggior importanza lungo la dorsale orientale dell'intero Appennino. La viabilità inizia a modificarsi all'inizio '800. Nella gerarchia della maglia viaria prevale il percorso di fondovalle che da Pieve S. Stefano correva parallelo al corso del Tevere, proprio sul piede della collina in sinistra, fino alla Madonnuccia, da dove si incuneava nella valle della Tignana per poi assumere a S. Pietro in Villa un tracciato rettilineo Nord-Ovest/Sud-Est, secondo una direzione che coincide con l'asse principale di crescita della città di S. Sepolcro e che è da alcuni ritenuta una traccia di antica centuriazione della zona (Cecconi 2005).

In particolar modo l'assetto viario odierno prende il suo aspetto con la costruzione della Strada Regia dell'Adriatico per Arezzo - Val Cerfone - Le Ville - S. Sepolcro, e la strada di collegamento tra Anghiari e Caprese e la sua simmetrica, la pedecollinare Anghiari - S. Leo. Nel 1875 iniziano infine i lavori per l'apertura della strada tosco-romagnola per Aboca, Viamaggio, Badia Tedalda e Rimini. (PSS)

6.3.1 La carta del paesaggio dell'alta Valle del Tevere in epoca moderna e contemporanea

Infine per rendere in maniera chiara gli interventi sul paesaggio attuale è stata prodotta una carta in scala 1:50.000 che evidenzia i principali elementi di trasformazione (figura 6.8).

La carta ha ancora come base georeferenziata le ortofoto a colori del 2007 della Regione Toscana, sulla quale sono stati cartografati l'attuale letto del Tevere, la Reglia dei mulini, i laghi di cava, la diga di Montedoglio, l'invaso derivante, il riordino fondiario, infine la viabilità attuale e i principali toponimi.



6.8 – Ricostruzione dell'assetto paesaggistico dopo le trasformazioni dell'epoca moderna e contemporanea.

7. Conclusioni

La ricerca si è posta l'obiettivo di indagare il paesaggio dell'Alta Valtiberina Toscana attraverso il *remote sensing* per ricostruire il paesaggio nelle differenti epoche storiche, tramite GIS e utilizzando dati di archivio e bibliografici. In particolar modo ci si è concentrati sull'individuazione degli antichi percorsi del fiume Tevere e degli altri corsi d'acqua della zona che hanno condizionato l'assetto paesaggistico.

Le opportunità offerte dal GIS di consultare dati di natura così diversa (dalla cartografia storica ai dati iperspettrali, ai dati archeologici, al modello digitale del terreno etc.) e di effettuare analisi specifiche su tali dati (in particolare *slope analysis* e analisi dei drenaggi delle acque), hanno permesso di ricostruire le principali trasformazioni che hanno riguardato la zona, dall'epoca romana ad oggi. In questo senso la possibilità, rara in archeologia, di disporre di un volo aereo dedicato con sensore iperspettrale, effettuato a bassa quota per cui ad alta risoluzione spaziale, è stato elemento fondamentale che ha fornito ottime informazioni sugli aspetti geomorfologici salienti dell'area di studio.

Miglioramenti radiometrici e spettrali hanno reso più esplicite le informazioni relative alla morfologia appartenenti a diversi periodi storici.

Dal punto di vista della conoscenza complessiva di questo tratto del Tevere e delle culture che vi hanno gravitato intorno, dall'epoca romana fino ai giorni nostri, il GIS ha consentito di riunire in un unico studio informazioni ed evidenze fino ad oggi rimaste ciascuna nel proprio ambito di pertinenza.

È stato creato in ambiente GIS un unico oggetto fisico e concettuale "Alta Valle del Tevere", che può essere letto e "sfogliato" in senso geografico, in senso cronologico ed in senso tematico. Uno strumento di conoscenza di questo territorio che prima non esisteva.

Questo contenitore riunisce gli elementi misurabili del paesaggio in almeno due delle tre componenti concettuali che lo costituiscono: nella componente fisica, rappresentata dalla geologia, dalla morfologia, dalla topografia e dalle immagini;

e nella componente rappresentata dal tessuto economico e culturale dell'uomo che vi risiede (viabilità, assetto agricolo, insediamenti, attività produttive).

Il terzo aspetto, quello simbolico relativo al *genius loci* interpretabile dal pensiero, non può essere racchiuso nel sistema informativo o tematizzato in una mappa.

Le applicazioni di immagini satellitari ad alta risoluzione spettrale e spaziale al settore archeologico sono in continuo aumento, ma dalle analisi condotte è emerso chiaramente come in zone in cui le tecniche agricole incidono così in profondità, e l'umidità dei suoli è così alterata dai sistemi di irrigazione automatica, non sia più possibile leggere informazioni paleoambientali dalla risposta radiometrica rilevabile dalla copertura a terra, neppure utilizzando le tecniche di *processing* che hanno fornito i risultati migliori in letteratura.

Il Sistema Informativo Geografico prodotto è in grado di contenere tutte le informazioni spaziali che possono essere generate, dal livello del dettaglio a quello generale, per l'intera vallata considerata come una unità. Consente anche la gestione di dati ulteriori derivanti ad esempio da scavi archeologici, favorendo la ricostruzione del paleopaesaggio, dell'antico corso dei fiumi e della rete stradale.

Passando ad un ambito più generale, il GIS permette anche di fare valutazioni preliminari, sia a macroscale che di dettaglio, utili per ulteriori ricerche di archeologia del paesaggio, mettendo inoltre gli enti gestori del patrimonio in condizioni di valutare gli interventi, e di migliorare le scelte di gestione del territori.

Le cartografie tematiche, che hanno classificato gli interventi di maggior peso realizzati, consentono di leggere il paesaggio attuale e di progettare futuri interventi di pianificazione paesaggistica; anche nell'ottica di realizzare azioni di recupero di aree danneggiate quale è il caso della A.N.P.I.L. Golena del Tevere.

Ringraziamenti

Devo ringraziare soprattutto il prof. Riccardo Salvini, per ciò che mi ha insegnato, e per il tempo che ha dedicato a questo lavoro, ma soprattutto per averlo fatto sempre con un autentico buonumore e la gioia di insegnare.

Un ringraziamento va anche al prof. Leonardo Disperati, che oltre ad essere professore di telerilevamento ha trovato le parole giuste.

Grazie a Cristina, vera Amica.

Grazie a Nicola compagno in ogni vita che ho vissuto negli ultimi 16 anni.

Grazie ad Alessandra, presenza impagabile.

Grazie a mia madre senza la quale non avrei fatto niente.

Grazie a Zelinda e a Costanza che mi hanno fatto aprire gli occhi.

Bibliografia

Abbreviazioni

PSA, *Piano strutturale di Anghiari*, Comune di Anghiari 2005.

PSS, *Piano strutturale di Sansepolcro*, Comune di Sansepolcro 2009.

PTCP, Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Arezzo.

Studi citati nel testo

AA. VV., 1990, *Survey archeologico in Valtiberina e Casentino*, Provincia di Arezzo, progetto archeologia, Arezzo.

AA. VV., 1992, *Nuovi contributi per una carta archeologica della Valtiberina 1992*, Provincia Di Arezzo, Arezzo.

Albani A., 1962, *L'antico lago Tiberino*. L'universo, 42(2), 730-749.

Bartolomei L., 2010, *Il nucleo storico di Anghiari: rivalutazione dei dati geologico-tecnici esistenti e analisi di stabilità*. Tesi di laurea, a.a. 2009/2010. Università degli Studi di Siena.

Benvenuti M., Crezzini J., Gennusa R., Iaia C., Moroni A., Pacciarelli M., 2009, *Ricerche multidisciplinari sull'insediamento, l'ambiente e l'economia di una comunità dell'età del Ferro nell'Italia centro-settentrionale appenninica: il caso di Trebbio (Sansepolcro – AR)*. The Journal of Fasti online, www.fastionline.org/docs/FOLDER-it-2009-144.pdf

Boncio P., Lavecchia G., 2001, *Interpretazioni controverse del profilo CROP03: stato dell'arte e considerazioni per un'ipotesi alternativa*. In: A. Brogi, M. Ghinassi, Lazzaretto L., Liotta D. (a cura di). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico CROP08, stato di avanzamento. Atti della riunione*

scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra, 75-80.

Brozzetti F., Boncio P., Lavecchia G., 2001, *Una nuova interpretazione del profilo CROP03 nel tratto Castiglion Fiorentino - M. Castellaccio: vincoli da dati geologici di superficie di recente acquisizione*. In: A. Brogi, M. Ghinassi, Lazzaretto L., Liotta D. (a cura di). Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra, 81-88.

Braconi P., 2008, *Territorio e paesaggio dell'alta valle del Tevere in età romana*, in Coarelli F., Patterson H. (a cura di), *Mercator Placidissimus. The Tiber Valley in Antiquity. New research in the upper and middle river valley*. Rome 27 – 28 February 2004. Rome.

Braconi P., Uroz Sáez J., 2008, *La villa di Plinio il Giovane a San Giustino*, in Coarelli F., Patterson H. (a cura di), *Mercator Placidissimus. The Tiber Valley in Antiquity. New research in the upper and middle river valley*. Rome 27 – 28 February 2004. Rome.

Cambi F., Terrenato N., *Introduzione alla archeologia dei paesaggi*, Roma 1994.

Campana S., 2003, *Catasto Leopoldino e GIS technology: metodologie, limiti e potenzialità*, in *Trame spaziali, Quaderni di Geografia Storica del Dipartimento di Storia dell'Università di Siena*, pp.71-78.

Carmignani L., Lazzarotto A., Brogi A., Conti P., Cornamusini G., Costantini A., Meccheri M., Sandrelli F., 2004, *Geological map of Tuscany, 1:250.000 scale*, LAC Litografia Artistica Cartografica, Firenze, Italia.

Cattuto C., Cencetti C., Fisauli M., Gregori L., 1995, *I bacini Pleistocenici di Anghiari e Sansepolcro nell'alta valle del fiume Tevere*. In *Il Quaternario*, 8 (1) 119-128.

Cecconi G., 2005, *Borgo Sansepolcro. Le radici romane della sua origine*, Anghiari.

- Cherubini C., 2004, *Origine, diffusione e scomparsa dei mulini ad acqua nella Valtiberina toscana*, in *Annali Aretini*, p.109-128.
- Cinti D., 2008, *Progetto Di Paesaggio. Il Bacino Di Montedoglio e La Golena Del Tevere In Valtiberina*, Alinea Ed., Firenze.
- Coarelli F., Patterson H. (a cura di), 2008, *Mercator Placidissimus. The Tiber Valley In Antiquity. New Research In The Upper And Middle River Valley*. Rome 27 – 28 February 2004. Rome.
- Diosono F., 2008, *Il commercio del legname sul fiume Tevere*, in Coarelli F., Patterson H. (a cura di), *Mercator Placidissimus. The Tiber Valley in Antiquity. New research in the upper and middle river valley*. Rome 27 – 28 February 2004. Rome.
- Diringer D., 1930, *Edizione archeologica della carta d'italia al 100.000. Foglio 115*, Città di Castello, I.G.M.
- Fanfani T., 1996, (a cura di), *L'alta Valle Del Tevere Tra Epoca Romana E Medioevo: Atti Del Convegno*, Pieve Santo Stefano, 21 Settembre 1991, A Cura Del Centro Studi Storici E Ricerche Archeologiche Di Pieve Santo Stefano, Pieve Santo Stefano.
- Fatucchi A., 1974, *Le strade romane del Casentino* – in *Atti e Memorie della regia Accademia Petrarca*, XL, 12-14, Arezzo.
- Fedeli L., Vilucchi S., Zamarchi Grassi P. (a cura di) 1995, *Un Quinquennio Di Attività Della Soprintendenza Archeologica Per La Toscana Nel Territorio Aretino*. (1990-1995), Arezzo.
- Gaile G. L., Wilmott C. J., 1989, *Geography In America*, Columbus, Merril Publishing Co.
- Giovacchini F., 2012, *Analisi di immagini iperspettrali CASI nella Valtiberina (AR): confronto tra dati iperspettrali telerilevati e di campagna*, Tesi di laurea, a.a. 2011/2012. Università degli Studi di Siena.

- Giusti R., 2001, *Geologia del Quaternario e Geomorfologia dell'area di Anghiari-Monterchi (bacino tiberino settentrionale)*, Tesi di laurea, a.a. 2000/2001, Università degli Studi di Siena.
- Lasaponara, R., Masini, N., 2012. (a cura di) *Satellite Remote Sensing: A New Tool For Archaeology*, Springer.
- Laurenzi G. P., 2012, *La Centuriazione Della Valtiberina Alla Luce Delle Nuove Evidenze Archeologiche*, In *Pagine Altotiberine*, 47, 53-80.
- Lelli R, Salvini M. 2009, Anghiari (Ar). *Lo Scavo Di Una Villa Rustica In Località Le Vignacce*, In Salvini M., Lelli P. (a cura di), *Le Memorie Celate — Il Paesaggio Archeologico Nella Terra Di Anghiari*, Catalogo Della Mostra, Anghiari (Ar), 54-61.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman J.W., 2004, *Remote Sensing And Image Interpretation*. John Wiley & Sons, New York.
- Martini P, Saggi M., 1993, *Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basin*. Kluw Accad. Pubbl. London, 375-400.
- Mattesini E., (a cura di), 1998, *Vie di pellegrinaggio medievale attraverso l'Alta Valle del Tevere. Atti del Convegno, Sansepolcro, 27-28 settembre 1996*, Città di Castello.
- Molina Vidal J., 2008, *Mercantile trade in the Upper Tiber valley: the villa of Pliny the Younger "in Tuscis"*, in Coarelli F., Patterson H. (a cura di), *Mercator Placidissimus. The Tiber Valley In Antiquity. New Research In The Upper And Middle River Valley*. Rome 27 – 28 February 2004. Rome.
- Moroni A., Ronchitelli A., 1992, *Dal Neolitico all'Età del Bronzo*, in AA. VV., 1992, *Nuovi Contributi Per Una Carta Archeologica Della Valtiberina 1992*, Provincia Di Arezzo, Arezzo.
- Moroni Lanfredini A., Benvenuti M. (2010): *Alta Valtiberina Toscana. Preistoria E Protostoria Di Un Territorio. Le Ricerche, Gli Aspetti Culturali, Il Paleoambiente*. *Ipotesi Di Preistoria*, 3: 1-26.

- Mosco V., Carelli M., Loffredo F., 1994, *Un Esempio Di Riorganizzazione Agricola In Toscana. Irrigazione E Riordino Fondiario Nell'alta Valle Del Tevere Per L'ottimizzazione Delle Risorse Naturali*, In *Tecniche Agrarie, Quarry And Construction*.
- Orefice G., 2005, *Studio storico relativo alla ricostruzione delle fasi di sviluppo urbano della città di Anghiari e del suo territorio dal periodo antico all'attuale*, in Piano Strutturale del Comune di Anghiari. Allegato A7-1. Relazione Storica. Anghiari.
- Pocobelli G. F., 2010, *Dal censimento dei materiali alla Carta delle Risorse Archeologiche della Valtiberina. L'esempio di Anghiari*, in Salvini M., Lelli P. (a cura di), *Il patrimonio archeologico diffuso. Beni archeologici in Valtiberina*, Firenze 2010, pp. 53-60.
- Principi P., 1939, *Carta geologica d'Italia al 100.00*, Foglio Città di Castello, 115, Roma.
- Quilici L., Quilici G. S., Cera G., 1996, *Strade romane: ponti e viadotti*. L'Erma di Bretschneider, Roma
- Relph, E.C., *Place And Placelessness*, Londra, 1976.
- Ristori M., Ristori S., 1985, *la colonizzazione romana dell'etruria. Le centuriazioni della Valdichiana e della Valtiberina*, In *Bollettino Degli Ingegneri*, 4, 22-26.
- Romani V., 2008, *Il Paesaggio. Percorsi di studio*. Milano.
- Rombai L. P., 1989, *Giovanni Inghirami. Astronomo, geodeta e cartografo* in *L'illustrazione geografica della Toscana*, Osservatorio Ximeniano, Firenze.
- Roncaglia G., Donati A., Pinto G. (a cura di), 2003, *Appennino tra antichità e medioevo*, Città di Castello.

- Salvini M., 2007, *Il Paesaggio Archeologico In Alta Valtiberina*, In *Il Paesaggio Archeologico Resti E Contesti: Prospettive Di Condivisione Su Tutela E Valorizzazione*. X Borsa Mediterranea Del Turismo Archeologico, Paestum 15 -18 Novembre 2007, 70-73.
- Salvini M., 2009, *La Carta Del Rischio Archeologico Per La Tutela Del Paesaggio*, In Salvini M., Lelli P. (a cura di), *Le Memorie Celate. Il Paesaggio Archeologico Nella Terra Di Anghiari*, Anghiari, 10-12.
- Salvini M., Lelli P., 2009 (a cura di), *Le Memorie Celate. Il Paesaggio Archeologico Nella Terra Di Anghiari*, Catalogo Della Mostra, Anghiari.
- Salvini, M., Lelli, P., 2010 (a cura di) *Il patrimonio archeologico diffuso Beni Archeologici in Valtiberina*. Edifir, Firenze.
- Sereni E., 1961, *Storia Del Paesaggio Agrario*, Roma.
- Sisani S., 2008, *Dirimens Tiberis? I Confini Tra Etruria e Umbria*, In Coarelli F., Patterson H. (a cura di) *Mercator Placidissimu, The Tiber Valley In Antiquity*, Roma, 45-86.
- Tagliaferri A., 1993, *Popoli E Culture Nell'alta Valtiberina (Indagine Preliminare)* In *Monumenti e Culture Nell'Appennino In Età Romana*, In Monacchi W., (a cura di) 1993 *Atti Del Convegno Sestino (Ar) 12 Novembre 1989*, L'Erma Roma 885-91.
- Tagliaferri A. 1991, *Romani e Non Romani Nell'alta Valtiberina: Da Una Ricerca Archeologica Di Superficie*, Udine.
- Taglieschi L., *Memorie Historiche E Annali Della Terra d'Anghiari*, Ms. Sec. XVII, In: *Archivio Del Convento Dei Servi Di Maria Di Sansepolcro*. Parte 1, Libro IV.
- Taglieschi, 1991, *Annali della terra d'Anghiari*, a cura di D. Finzi - M. Parreschi, Anghiari.

Vivoli, C., (1992) *Il disegno della Valtiberina, Mostra di cartografia storica (secoli XVI -XIX): Anghiari-Sansepolcro, ottobre 1992-gennaio 1993*, Rimini.

Wilson, D.R., 1982. *Air photo interpretation for archaeologists*. St Martin's Press, London.

Zamarchi Grassi P., 1993, *Recenti ricognizioni e indagini archeologiche in Valtiberina*, in Monumenti e Culture nell'Appennino in età romana, Atti del Convegno, Sestino, 1989, 95-100.

Zamarchi Grassi P., Scarpellini Testi M., 1992 (a cura di), *Osservazioni preliminari sulle testimonianze archeologiche in epoca etrusca e romana*, in *Nuovi contributi per una carta archeologica della Valtiberina 1992*, Provincia di Arezzo, Arezzo.

Studi utilizzati ma non citati nel testo

Agnoletti M., 2002, *Il paesaggio agro-forestale toscano. Strumenti per l'analisi, la gestione e la conservazione*, Firenze.

Allen K.M.S., Green S.W., Zubrow E.B.W., (a cura di), 1990, *Interpreting space: GIS and archaeology*. London/New York.

Aqduş S. A., Hanson W. S., Drummond J., 2012, *The potential of hyperspectral and multi-spectral imagery to enhance archaeological cropmark detection: a comparative study*, in *Journal of Archaeological Science* 39 (2012) 1915-1924.

Ashmore W., Knapp A.B., (a cura di) 1999, *Archaeologies of landscape: contemporary perspectives*. Malden, MA: Blackwell Publishers.

Attema P., Burgers G.J., Van Joolen E., Van Leusen M., Mater B. (a cura di), 2002, *New Developments in Italian Landscape Archaeology. Theory and methodology of field survey, land evaluation and landscape perception, pottery production and distribution, Proceedings of the Free-Day Conference at Groningen University (Groningen, 13 - 15 April 2000)*, in BAR International Series 1091, Oxford.

Baiocchi, L., *Georeferenziazione di cartografie storiche in ambiente GIS e loro verifica mediante rilievi GPS*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Milano 2002.

- Balletti C., *Analytical and quantitative methods for the analysis of the geometrical content of historical cartography*, in International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXIII, part B5, Amsterdam 2000.
- Bassani C., Cavalli R. M., Goffredo R., Palombo A., Pascucci S., Pignatti S., 2009, *Specific spectral bands for different land cover contexts to improve the efficiency of remote sensing*, in archaeological prospection: The Arpi case study, Journal of Cultural Heritage 10S (2009) 41–48.
- Bernardi M., 1992 (a cura di), *Archeologia del paesaggio*, Firenze.
- Bertazzon S., Lando F., *GIS e paesaggio: dalla scomposizione dei paesaggi reali alla creazione dei paesaggi virtuali*. Testo online consultabile alla pagina: <http://www.geogr.unipd.it/multimedia/frontgaz/gishtm.htm>
- Biallo G., *Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici*, Milano 2002.
- Bradley, R., 2000. *An Archeology of Nature Places*. London and New York: Routledge.
- Cambi F., 2003, *Archeologia dei paesaggi antichi: fonti e diagnostica*, Roma.
- Campana S., 2002, *High resolution satellite imagery: a new source of information to the archaeological study of Italian landscapes? Case study of Tuscany*, in *Space Applications for Heritage Conservation*, Proceedings of the EURISI Conference (Strasbourg, 5-8 November 2002), edited in CD-ROM.
- Campana S., Forte M., 2001, *Remote Sensing in Archaeology*. XI International School in Archaeology, XI Ciclo di Lezioni sulla Ricerca Applicata in Archeologia (Certosa di Pontignano, Siena, 6 - 11 dicembre 1999), Firenze.
- Campana S., Francovich R., 2003, *Landscape Archaeology in Tuscany: Cultural resource management, remotely sensed techniques, GIS based data integration and interpretation*, in Forte M., Williams P.R. (a cura di), *The Reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies*, (Boston, Massachusetts, 1 - 3 November 2001), BAR International Series 1151, Oxford, 15-28.
- Campana, S., Forte, M., (a cura di) 2006, *From Space to Place*. Proc. Of the 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology (CNR, Rome, 4 – 7 December 2006), Archaeopress BAR International Series 1568, Oxford.
- Carandini, A., et al., 2002, *Paesaggi d'Etruria*, Roma.
- Cavalli R. M., Colosi F., Palombo A., Pignatti S., Poscolieri M., *Remote hyperspectral imagery as a support to archaeological prospection*, in Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 272-283.

- Ceraudo G., 2003 *Fotografia aerea: tecniche, applicazioni e fotointerpretazione*, in Guaitoli M., *Lo sguardo di Icaro. Le collezioni dell'Aerofototeca Nazionale per la conoscenza del territorio*, Roma, 75-85.
- Challis K., Kincey M., Howard A., *Airborne Remote Sensing Of Valley Floor Geoarchaeology Using Daedalus Atm And Casi*, in *Archaeological Prospection* 16, 17–33 (2009)
- Challis, K., Carey, C., Kincey, M., 2011. *Airborne Lidar Intensity And Geoarchaeological Prospection in River Valley Floors*, in *Archaeological Prospection* (18), 1 – 13.
- Chapman, H., 2006. *Landscape Archeology and GIS*. The History Press, Stroud.
- Ciminale, M., Gallo, G., Lasaponara, R., Masini, N., 2009. *A Multiscale Approach For Reconstructing Archaeological Landscapes: Application In Northern Apulia (Italy)*, in *Archaeological Prospection* (16), 143 – 153.
- Conolly, J., Lake, M., 2006. *Geographical Information System In Archaeology*. Cambridge University Press , Cambridge.
- D'Andrea A., 1998, *I Gis tra soluzioni applicative e nuove metafore* , in *Archeologia e Calcolatori*, 9, 386-387.
- De Seta C., *Storia D'italia*, Annali, 5, Il Paesaggio, Torino 1982.
- Di Matteo L., Dragoni W., Pierucci L., Valigi D. 2006, *Studio idrogeologico e climatico del bacino del lago di Montedoglio (F. Tevere, Arezzo – Italia Centrale)*, In *Giornale Di Geologia Applicata* 3 (2006) 32-38.
- Di Pietro G. F., Fanelli G., *La Valle Tiberina Toscana*, Firenze, 1973.
- Dincauze, D.F., 2000, *Environmental Archaeology: Principles And Practice*, Cambridge.
- Gillings M., Mattingly D., Van Dalen J. (a cura di), 2000, *Geographical Information Systems And Landscape Archaeology*, in *The Archaeology Of Mediterranean Landscapes* 4, Oxford.
- Goini R, Moroni Lanfredini A., 2001, *L'età Del Bronzo Nell'alta Valtiberina Toscana*. Atti Della XXXIV Riunione Scientifica Dell'istituto Italiano Di Preistoria E Protostoria "Preistoria E Protostoria Della Toscana", Firenze, 427-439.
- Grifoni Cremonesi R. ,1971, *Materiali preistorici della toscana esistenti al museo archeologico di Perugia*, Atti Della Società Toscana Di Scienze Naturali, Memorie, Serie A, 76.
- Guidi R, Moroni Lanfredini A. 2000, *Rinvenimenti dell'antica Età del Bronzo al Mancino (Sansepolcro - Ar)*, In *Rassegna Di Archeologia*, 17, 193-222.

- Laia C., Moroni Lanfredini A. (a cura di), 2009, *L'età del ferro a Sansepolcro. Attività produttive e ambiente nel sito di Trebbio*, Perugia.
- Lasaponara, R. And Masini, N., (a cura di) 2008, *Remote sensing for archaeology and cultural heritage management*. Proc. Of The 1st International Workshop (Rome, 30 September–4 October 2008), Aracne Editrice, Rome.
- Lasaponara, R., Masini, N., 2011. *Satellite remote sensing in archaeology: past, present and future perspectives*, in *Journal Of Archaeological Science* (38), 1995–2002.
- Laurenzi G.P. 2003, *Nuovi Dati Per l'aggiornamento Della Carta Archeologica Della Valtiberina (Anni 1992 -1997)*, In Roncaglia G., Donati A., Pinto G. (a cura di), *Appennino Tra Antichità E Medioevo*, Città Di Castello, Pp. 149-158.
- Lelli P, Salvini M. 2009, Anghiari (Ar). *I Saggi Archeologici In Località Sterpeto*, In Salvini M., Lelli R 2009 (a cura di), *Le Memorie Celate — Il Paesaggio Archeologico Nella Terra Di Anghiari*, Catalogo Della Mostra, Anghiari (Ar), 76-81.
- Leveau P. – Tremont F. – Walsh K. – Barker G., 2000 (a cura di), *Environmental reconstruction in mediterranean landscape archaeology*, *The Archaeology Of Mediterranean Landscapes 2*, Oxford.
- Lock, G., Stančić, Z., (a cura di) 1995. *Archaeology And Geographical Information System: A European Perspective*. London: Taylor & Francis.
- Masini, N., Lasaponara, R., 2007. *Satellite-Based Recognition Of Landscape Archaeological Features Related To Ancient Human Transformation*, in *Journal Of Geophysics And Engineering* (3), 230 – 5.
- Monacchi, W., (a cura di) 1993 , *Monumenti E Culture Nell'appennino In Età Romana*, L'erma Di Bretschneider, Roma.
- Panjek A., Borruso G, *Carte Storiche Tematiche Georiferite Per La Storia Del Territorio*, Atti Del VI Convegno Nazionale ASITA, Milano 2002.
- Pascucci, S., Cavalli, R. M., Palombo, A., Pignatti, S., 2010. *Suitability of CASI And ATM airborne remote sensing data for archaeological subsurface structure detection under different land cover: the Arpi case study (Italy)*, in *Journal Of Geophysics And Engineering* (7), 183 – 189.
- Pasqui 1899-1937 Pasqui U., *Documenti Per La Storia Della Città Di Arezzo nel Medioevo*, Vol. 3, Firenze.
- Piccarreta F., Ceraudo G. 2000, *Manuale Di Aerofotografia Archeologica. Metodologia, Tecniche E Applicazioni*, Bari.

- Quilici L. *Evoluzione tecnica nella costruzione dei ponti: Tre Esempi Tra Età Repubblicana E Alto Medioevo.*
- Renzi G., (a cura di) 1997, *L'Appennino dall'età romana al medioevo. Società, Territorio, Cultura*, in Studi Montefeltrani, Atti Convegno/5.
- Rombai, L., Toccafondi, D., Vivoli, C., (1987) *Documenti geocartografici nelle biblioteche e negli archivi privati e pubblici della Toscana: I fondi cartografici dell'Archivio di Stato di Firenze*, Firenze.
- Rumsey D., Williams M., *Historical Maps In Gis, In Past Time, Past Place.* in Gis For History, a cura di A.K. Knowles, Esri Press, Redlands 2002, 1-18.
- Sommella P. - G. Azzena -M. Tascio, *Informatica E Topografia Storica: Cinque Anni Di Esperienza Su Un Secolo Di Tradizione*, in Archeologia E Calcolatori, 1 (1990), 211-236 E G. Azzena, *Topografia Di Roma Antica.* , Cit., 275.
- Stopponi S., *La media valle del Tevere fra Etruschi ed Umbri*; in Coarelli F., Patterson H. (a cura di), 2008, *Mercator Placidissimus. The Tiber Valley in Antiquity. New research in the upper and middle river valley.* Rome 27 – 28 February 2004. Rome.
- Wheatley, D., Gillings, M., 2002, *Spatial technology and archaeology: the archaeological application of GIS.* London/New York: Taylor & Francis.