

Il GIS del progetto ARMEP

Un sistema informativo per lo studio dell'edilizia medievale

Vincenzo Valente*

*XXIII Ciclo

ABSTRACT – The ARMEP project intend to investigate the buildings including internal medieval walls of Padua, with the objective of, not only knowing architectural characteristics of the buildings, but also to outline the urban development of the city in medieval times. The realization of GIS has become an important instrument for the analysis and the study of different types of data, such as maps, relief maps, stratigrafic analysis, historical research and analysis of styles. Due to the lack of specific software for better imagery, the running of GIS for the architecture needs changes and better organization, in order to make the project more efficient.

1. Introduzione

Il mio dottorato di ricerca si inquadra nell'ambito del progetto ARMEP (Archeologia Residenziale Medievale a Padova)¹. Tale progetto, diretto dal Prof. Gian Pietro Brogiolo, intende indagare estensivamente – e con metodi innovativi di analisi archeologica – l'edilizia residenziale medievale di Padova (XII-XVI secolo), con l'obiettivo di studiarne l'evoluzione in rapporto alla trasformazione del paesaggio urbano e ai cambiamenti sociali ed economici e ricavare una ricostruzione urbanistica della città.

Lo scopo del seguente articolo è quello di illustrare la struttura e le funzionalità del sistema informativo territoriale da me realizzato durante il primo anno del mio dottorato di ricerca.

2. La banca dati

Nella fase di creazione del modello concettuale dei dati, si è optato per una strategia *inside-out*²: sono stati rappresentati i concetti e le entità di base necessari per un primo inquadramento. Nel passaggio alla progettazione logica del database ho realizzato le diverse tabelle, ognuna con i suoi specifici attributi, ed

assegnato le relazioni, che andrò brevemente a descrivere.

È bene precisare che nella banca dati dell'ARMEP sono presenti alcune ridondanze e generalizzazioni, che non sono state eliminate. Questo perché gli utenti accedono ai dati in maniera differente, privilegiando alcune informazioni rispetto ad altre, ragion per cui non ho voluto creare una struttura articolata e di difficile consultazione³.

L'entità principale è l'*edificio*. Altre entità sono le aperture, gli elementi architettonici o iconografici presenti su un elevato, le analisi stratigrafiche eseguite sui prospetti, le fonti (epigrafi, statuti, ecc.) e tutto il materiale bibliografico.

Sebbene molte di queste siano attributi e parti dell'entità *edificio*, esse sono state considerate come oggetti autonomi, poiché il requisito principale che il sistema deve avere è la possibilità di effettuare un'analisi crono-tipologica delle architetture, che necessita quindi di un approfondimento di tutte le parti che compongono un elevato, con la possibilità di analizzare separatamente i singoli elementi, quali possono essere le arcate o le finestre.

Inoltre, è opportuno precisare che essendo questa una ricerca diacronica dell'edilizia medievale, ciascun edificio è suddiviso in periodi costruttivi e ogni periodo ha tante schede quanti sono gli elementi che appartengono a quella fase.

2.1. Le tabelle

La tabella principale è dunque la tabella *edificio*, la cui chiave primaria è un codice numerico. In questa tabella sono presenti alcuni attributi, che forniscono

¹ Progetto d'eccellenza CARIPARO, condotto dalla cattedra di Archeologia Medievale dell'Università degli Studi di Padova.

² In questa strategia vengono individuati inizialmente i concetti principali e più importanti. A partire da questi si procede ad implementarli, apportando eventuali correzioni ed aggiunte (Atzeni *et al.*, 2006, p.255). Tale metodologia è stata dettata dalla necessità di iniziare subito una schedatura degli edifici padovani, fornendo uno strumento di base in grado di immagazzinare le informazioni. Successivamente ho proceduto ad una ottimizzazione della struttura, tenendo conto soprattutto delle esigenze dei diversi utenti e compilatori.

³ È il caso dei periodi costruttivi, le cui fasi compaiono tra gli attributi di diverse tabelle o alcune informazioni sulle aperture o i prospetti realizzati. Ridondanze giustificate dalla necessità di poter disporre in forme diverse di quel dato.

immediate informazioni sull'elevato quali il nome dell'edificio o il complesso architettonico cui appartiene; la sua ubicazione (via e numero civico); la destinazione d'uso (passata e attuale); la tipologia edilizia (*casa, casa torre, palazzo o casa con portico*) il numero dei piani; la tecnica costruttiva; la presenza o meno di interventi quali i restauri o *spolia*; la presenza di dati provenienti dalle analisi mensiocronologiche; le fasi cronologiche dell'edificio (in modo generico). È presente, inoltre una breve descrizione dell'elevato e la possibilità di visionare una sua immagine prospettica.

L'analisi del fabbricato prevede di schedare le diverse fasi di vita dell'edificio: queste informazioni sono contenute nella scheda *periodi_costruttivi*. In questa tabella sono presenti i campi riguardanti la *datazione*, la presenza o meno di elementi datanti, i materiali impiegati nella fase di costruzione, il numero dei piani dell'edificio interessati dalla fase e una descrizione testuale dei diversi elementi architettonici.

Gli elementi architettonici sono descritti in un'apposita tabella dove vengono compilati i campi che descrivono il tipo di elemento (ad esempio il capitello oppure la colonna), la presenza di tracce di lavorazione, gli strumenti impiegati nella realizzazione dell'elemento, il tipo di decorazione, lo stato di conservazione del manufatto ed una sommaria descrizione testuale.

Le aperture vengono descritte in un'altra scheda dove oltre la tipologia dell'apertura in questione (porta, finestra, arco o arcata), vengono compilate le voci

inerenti le varie parti che compongono l'apertura, i materiali impiegati, la forma, le tracce di lavorazione, la presenza di reimpieghi ed eventuali osservazioni da parte del compilatore.

I risultati delle indagini stratigrafiche realizzate sulle murature di alcuni edifici sono immagazzinati in una scheda dove vengono riportati i numeri delle singole unità stratigrafiche e gli elementi architettonici. In questa tabella viene inserita un'immagine del *matrix* al fine di rendere chiaro il diagramma stratigrafico e la periodizzazione, che corrisponde alle principali fasi di costruzione e trasformazione dell'edificio.

Sono presenti, inoltre, la tabella *bibliografia* e la tabella *fonti*. Nella prima vengono riportati tutti i dati inerenti il materiale bibliografico, come l'autore, il titolo del testo, l'anno di pubblicazione ed eventuali annotazioni. Nella tabella *fonti* vengono compilati i campi quali il tipo di fonte, la trascrizione del testo e l'eventuale traduzione.

Lo schema relazionale che si ottiene è del tipo "uno a molti" per la gran parte delle tabelle, tranne per la scheda bibliografica e quella delle fonti storiche, che hanno una relazione molti a molti, poiché un record può descrivere diversi edifici.

La traduzione dallo schema logico a quello fisico ha visto l'utilizzo di particolari *Database Management System* (DBMS). All'inizio si è scelto di utilizzare Microsoft Access e, contemporaneamente alla stesura di questo articolo, sto procedendo ad una migrazione dei dati su Postgresql 8.3.

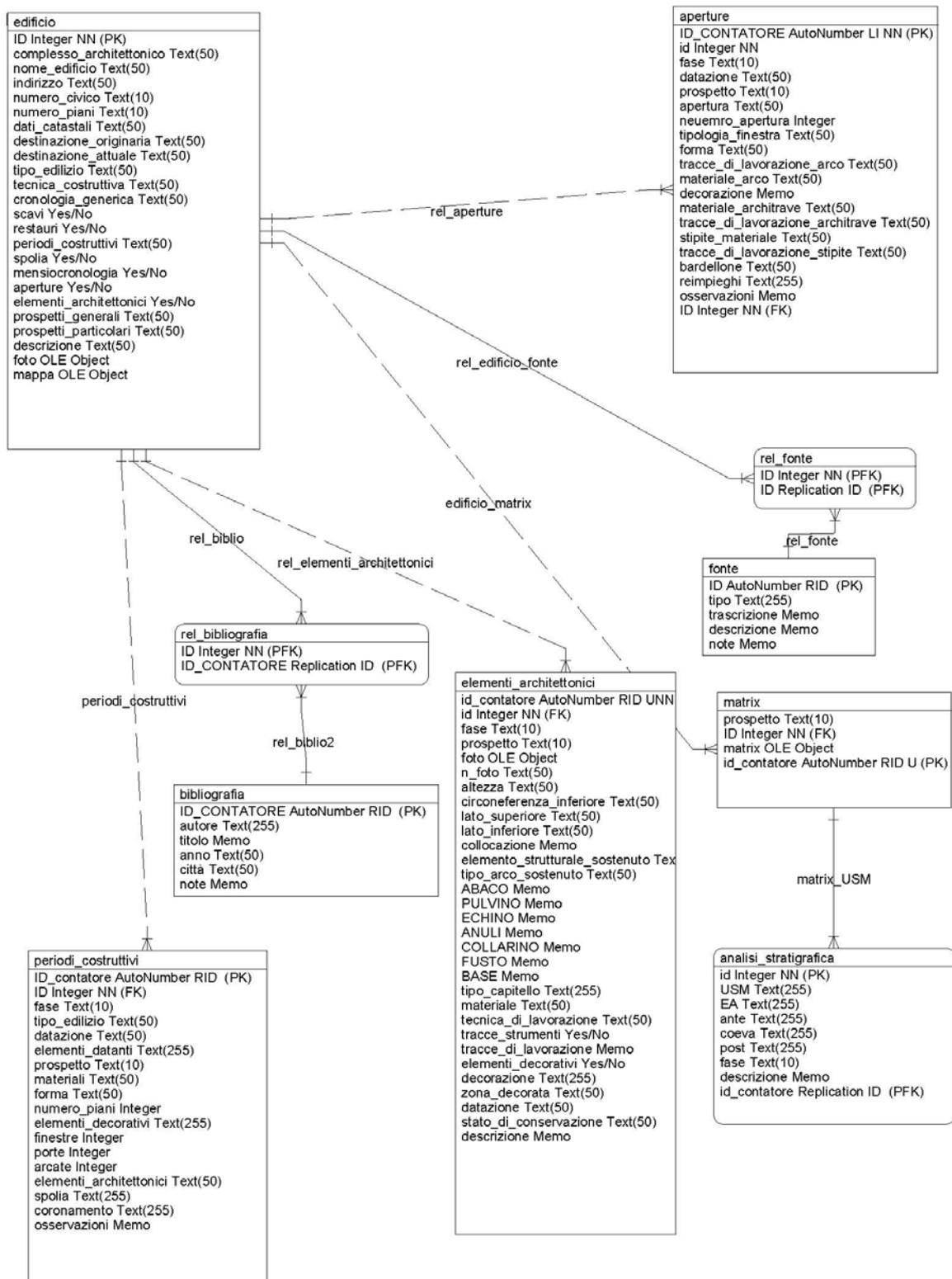


Fig. 1 –Schema delle tabelle, con gli attributi e le relazioni della banca dati ARMEP.

3. Il GIS

Una definizione di sistema informativo geografico può essere la seguente:

“A geographic information system is a computer-based information system that enable capture, modeling, storage, retrieval, sharing, manipulation, analysis, and presentation of geographically referenced data” (Worboys e Duckham, 2004).

Le funzioni di un GIS devono essere quelle di immagazzinamento, registrazione e immissione dei dati. Inoltre, un Sistema Informativo Territoriale deve consentire il processamento e l'analisi delle informazioni contenute al suo interno, permettendo l'estrazione di interrogazioni (*query*) e report dagli attributi, al fine di ottenere un'accurata rappresentazione dei dati.

Il GIS diventa, dunque, uno strumento di lavoro per la consultazione di tutte le informazioni raccolte (Valenti, 2000), aumenta la capacità di elaborazione e permette la creazione di modelli che aiutano a capire l'evoluzione del territorio.

Il territorio oggetto di studio del progetto ARMEP è principalmente il territorio costruito ed il GIS deve fornire un'analisi monografica del manufatto architettonico (Forte, 2002, p. 66). Il software utilizzato per la gestione GIS è l'ArcGIS 9x della ESRI.

Detto questo, è opportuno fare una premessa: la particolarità dei dati trattati ha portato a organizzare, interrogare e visualizzare gli oggetti su diversi piani, che possiamo definire come GIS territoriale, GIS verticale (del territorio costruito) e GIS tridimensionale.

Il primo di questi piani di lavoro è il GIS territoriale, dove i dati vengono analizzati su un piano geografico bi-dimensionale.

Il GIS verticale è un piano non georeferito, di origine $x=0$ $y=0$, dove vengono inseriti e scalati i prospetti degli edifici, in ordine alla loro posizione sulla via¹.

Come *GIS tridimensionale*, si intende la possibilità di analizzare il progetto sul 3D Analyst². Quest'ultimo rappresenta una sintesi tra i due piani precedentemente illustrati.

Prima di illustrare ognuno di questi piani di lavoro, occorre dire che la banca dati precedentemente descritta, è stata importata nel geodatabase ed organizzata in tabelle. Nel suddetto geodatabase sono presenti dati spaziali, che vengono gestiti nei diversi piani di lavoro e relazionati con le informazioni alfanumeriche contenute nelle tabelle.

Il sistema di riferimento utilizzato è quello nazionale Gauss-Boaga fuso Ovest.

¹ La particolare natura del dato e la mancanza, allo stato attuale, di specifiche interfacce di visualizzazione mi ha portato a scegliere questa soluzione nel GIS del progetto ARMEP.

² Il 3D Analyst è un'estensione del software ArcGIS, che permette un ambiente di lavoro tridimensionale.

3.1. GIS territoriale

La base cartografica di questo piano di lavoro è rappresentata dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, attraverso una *feature* poligonale denominata *edifici*. È presente, inoltre tutta la viabilità della città, alla quale è relazionata una tabella realizzata in ambiente GIS, che riporta i campi relativi all'antica nomenclatura delle strade e a informazioni dedotte da materiale bibliografico, che si riferiscono alla storia e all'evoluzione delle vie di Padova.

In questo piano di lavoro è possibile interrogare una *feature class* puntuale, che si riferisce alla presenza di evidenze archeologiche, quali scavi o manufatti non più visibili e ricavati dal materiale edito.

Sono stati inserite e georeferenziate carte storiche, come la carta del Morello, la carta del Valle e la carta dello Zannoni, oltre alcuni fogli del catasto francese del 1811 e del catasto austro italiano del 1867-1889³.

Questa cartografia è stata in parte vettorializzata, permettendo attraverso l'*overlay*⁴ di rendere visibile l'evoluzione delle forme urbane nel corso dei secoli.

Inoltre è possibile visionare attraverso un *hyperlink*⁵ l'archivio fotografico di ogni edificio⁵.

La caratteristica principale del GIS definito territoriale è quella di fornire un quadro complessivo del tessuto urbano, operando interrogazioni sulla banca dati, con la possibilità di analizzare i fenomeni di distribuzione e le differenti tipologie architettoniche su piccola scala.

³ La georeferenziazione della cartografia storica è un'operazione complessa, che necessita della conoscenza della fonte che si sta per inserire. Le cartografie inserite nel GIS dell'ARMEP hanno errori dovuti alla natura dei punti trigonometrici impiegati, ragion per cui si ha un errore diverso a seconda della carta. La non perfetta coincidenza di questi dati spaziali è un problema difficilmente risolvibile, di cui bisogna tener conto per una corretta lettura e interpretazione delle informazioni (Pavanello, 2003; Campana, 2003; Baiocchi e Lelo, 2002; Bevilacqua e Puppi, 1987).

⁴ Sovrapporre in trasparenza immagini e dati vettoriali produce senza alcun dubbio nuove interpretazioni (Forte, 2002, p. 20).

⁵ Il materiale fotografico è contenuto nella tabella immagini, realizzata ed editata in ambiente GIS. Attraverso un collegamento ipertestuale è possibile accedere all'archivio, senza appesantire la banca dati.

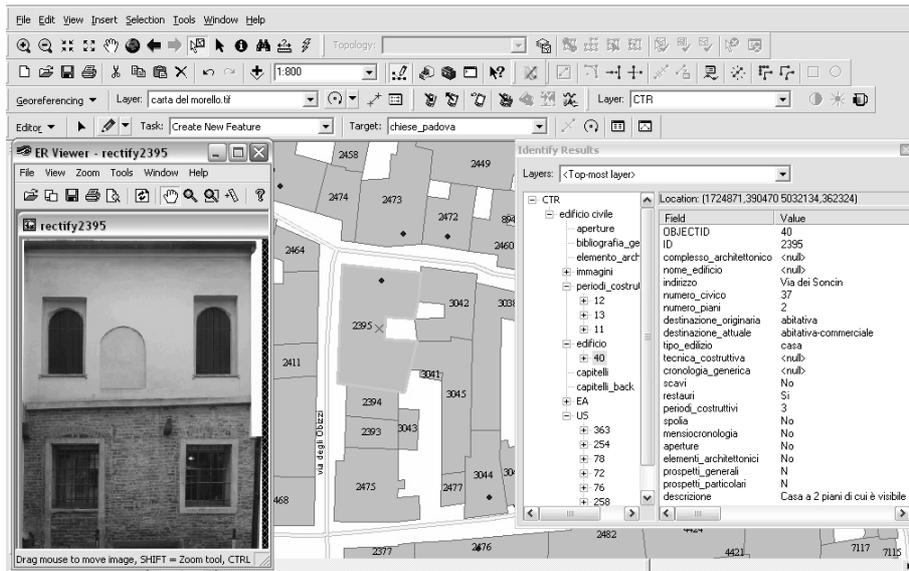


Fig.2 – Interfaccia di visualizzazione del GIS territoriale.

Nell'immagine viene interrogato un edificio, visualizzando le informazioni della banca dati e il materiale fotografico.



Fig. 3 – Particolare della carta del Valle.



Fig. 4 – Vettorializzazione della cartografia storica. Nella figura un particolare di via Patriarcato, con l'overlay, la cartografia attuale e il catasto francese del 1811.

3.2. GIS verticale

L'analisi a scala dell'edificio si effettua sul piano *verticale*. Diventa necessario acquisire le facciate dei palazzi al fine di poter trarre, con uno studio diretto e con maggiori dettagli, tutti i dati possibili. L'acquisizione dei prospetti è avvenuta attraverso fotocamera digitale. È stata utilizzata una Nikon d80 con obiettivi Nikon 18/55 mm e *fisheye* 10.5 mm.

Per poter rettificare le immagini vengono prese misure di controllo con stazione totale Topcon GPT8005A o con distanziometro Leica, secondo la complessità dell'edificio¹. Successivamente si elaborano le immagini con Photometric, Flash o MSR.

Una volta realizzati i fotopiani vengono inseriti in ambiente GIS e digitalizzate le unità stratigrafiche murarie e gli elementi architettonici.

Sui fotopiani vengono effettuate delle misurazioni, quali le grandezze delle aperture e di elementi architettonici come la luce di un arco, la sua ampiezza; l'altezza di un'arcata o degli stipiti delle finestre, al fine di ottenere delle tipologie su vasti campioni².

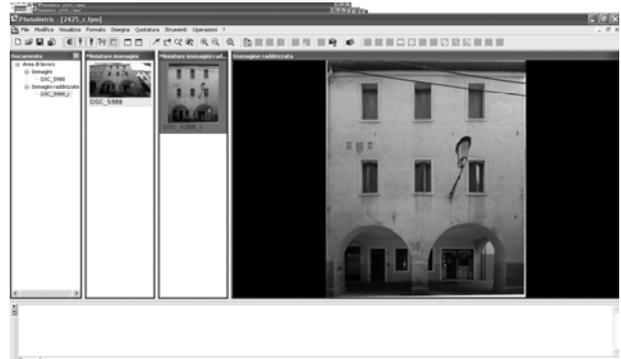
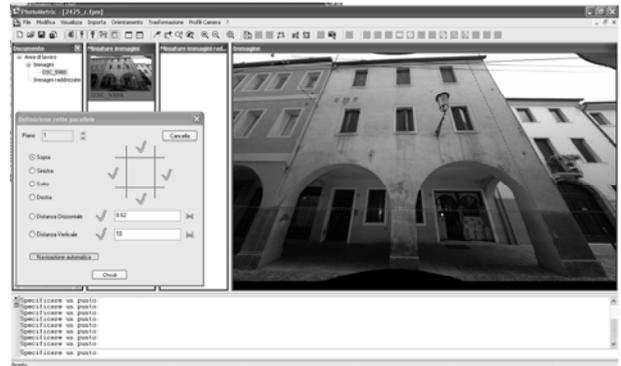


Fig. 5 – Elaborazione delle immagini per la realizzazione dei prospetti delle facciate.

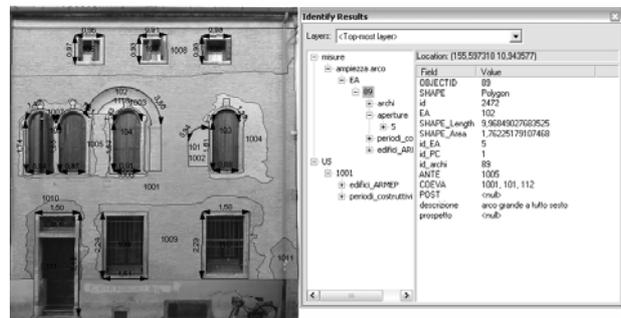


Fig. 6 – Visualizzazione ed analisi di un prospetto di via dei Soncin. Nelle due immagini sono presenti i layer delle unità stratigrafiche, gli elementi architettonici e le misurazioni degli oggetti.

¹ Se il prospetto dell'edificio è rappresentato da una superficie semplice, come può essere un palazzo quasi completamente intonacato, con pochi elementi architettonici presenti ed una superficie quasi piana, si procede a prendere le misure con il distanziometro. Le immagini vengono rettificate attraverso le vie di fuga con il metodo geometrico in Flash e successivamente scalate e assemblate con le sole distanze prese.

² Per la misurazione delle grandezze viene utilizzato il campo *shape length* di una *feature* con geometria lineare. Nelle tabelle della banca dati sono stati omessi gli attributi inerenti le misure. Questo perché potendo disporre dei fotopiani in ambiente GIS è possibile prendere con maggiore precisione tale dato.

3.3. GIS tridimensionale

Come GIS tridimensionale si intende quindi la possibilità di visionare ed interrogare gli edifici attraverso il 3D Analyst. Ho realizzato i modelli degli elevati utilizzando Google SketchUp¹.

Partendo dal GIS, si esporta il poligono del cassone dell'edificio² estruso alla quota di gronda.

Successivamente viene *texturizzato*³ e salvato nel formato *multipatch*, per poi essere aperto in ArcScene⁴. In questo modo gli edifici si posizionano correttamente nello spazio geografico.

Inoltre, in ArcScene è presente un modello digitale del terreno della città, realizzato dal Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova, che serve da base sulla quale si collocano i modelli degli elevati.

È opportuno precisare che su tutti e tre i piani di lavoro (GIS territoriale, GIS verticale e GIS tridimensionale) possono essere effettuate le medesime *query*, grazie al sistema di relazioni impostato nell'ArcCatalog⁵.

Con questo strumento, si possono sfruttare tutti i metodi di rappresentazione della città, sia attraverso tecniche 2D (planimetrie, cartografie moderne e storiche...) sia attraverso modellizzazioni 3D⁶, che permettono una lettura complessa dello spazio costruito e degli schemi sottesi alla formazione del territorio urbano (Magrassi, 2002).

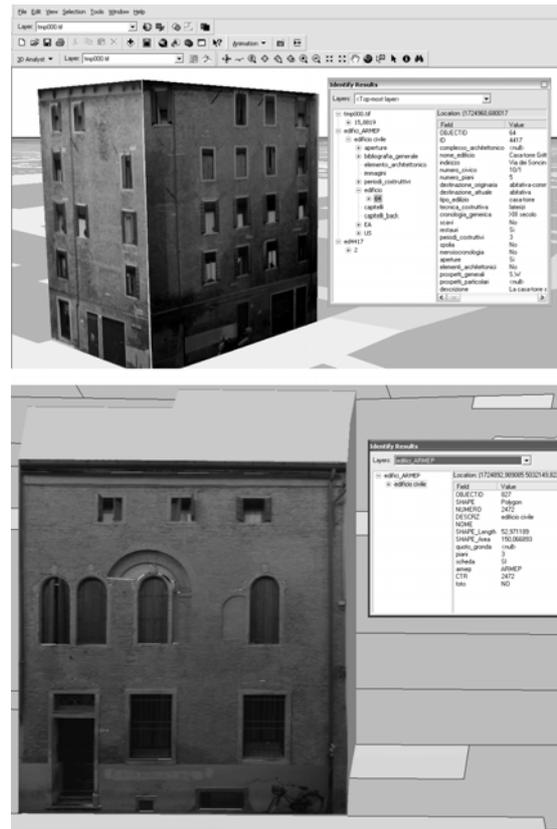


Fig. 7 – Visualizzazione ed analisi in ArcScene.

¹ Ho utilizzato la metodologia sviluppata dal Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA) per la realizzazione di Londra tridimensionale. Sebbene le finalità siano diverse, il progetto sviluppato da CASA offre spunti interessanti, che possono essere applicati al progetto ARMEP per una ricostruzione tridimensionale di Padova. Per l'utilizzo di ArcGIS e Google SketchUp, si veda Hudson-Smith (2007).

² Per l'esportazione si ha bisogno di un plugin scaricabile gratuitamente dal sito della ESRI, all'indirizzo <http://support.esri.com/index.cfm?fa=downloads.samplesUtilities.viewSample&PID=54&MetaID=863>

³ Per la *texturizzazione* si usano i prospetti realizzati e presenti nel GIS verticale, con altro materiale fotografico realizzato durante le fasi di rilievo.

⁴ ArcScene permette la visualizzazione, l'analisi e la generazione di dati tridimensionali (estensione 3D Analyst).

⁵ L'applicazione ArcCatalog serve per gestire tutte le informazioni del GIS.

⁶ Oltre ai modelli realizzati con Google SketchUp verranno inseriti nel GIS del progetto ARMEP le scansioni laser di alcuni prospetti di edifici, che il Dipartimento di Urbanistica dell'Università di Padova ha eseguito nei mesi di agosto e settembre 2008.

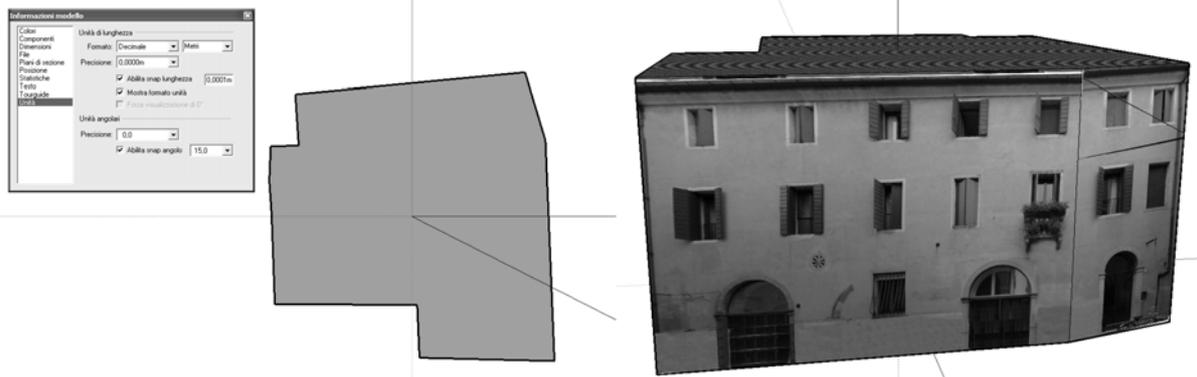


Fig. 8 – Utilizzo di Google SketchUp per la realizzazione dei modelli tridimensionali degli edifici. Nell’immagine il poligono del cassone viene estruso alla quota di gronda e *texturizzato*.

4. Conclusioni

La creazione e l’utilizzo di uno strumento informativo, unito a tradizionali metodi di indagine, quali l’analisi delle fonti, la documentazione storica, l’indagine archeologica, permetterà di realizzare una sezione cronologica precisa di ogni singola particella edilizia.

Disponendo, dunque, di datazioni dettagliate delle fasi di costruzione dell’abitato e procedendo ad analizzare “le condizioni fisiche e umane, senza le quali il contesto urbano rimarrebbe incomprensibile” (Conzen, 1969), si potrà interpretare, attraverso indagini con tecniche GIS, il paesaggio urbano (*ibid.*) di Padova e l’evoluzione della città medievale.

5. Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Prof. Gian Pietro Brogiolo e la Prof. ssa Alexandra Chavarria Arnau, per i preziosi consigli e la revisione di tutte le fasi del mio lavoro, il Prof. Paolo Mozzi, supervisore del mio dottorato. La Dott.ssa Angela Scillia ed il Geom. Riccardo Benedetti, per la collaborazione ed il loro lavoro nelle fasi di schedatura e rilievo degli edifici.

Bibliografia

AA.VV. (2000), “Visualizing the city: Communicating Urban Design to Planners and Decision-Makers”, in *CASA (Centre for Advanced Spatial Analysis University College London)*, Londra, disponibile *on-line* su: <http://www.casa.ucl.ac.uk/visualcities.pdf>

AA.VV. (2006), “Cartografia numerica per i database topografici e il 3d city model dei centri storici”, disponibile *on-line* su: http://geomatic.unipv.it/autec/galetto_Sifet_2006.pdf

Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R. (2006), *Basi dati. Modelli e linguaggi di interrogazione*, Milano, McGraw-Hill.

Baiocchi V., Lelo K. (2002), “Georeferenziazione di cartografie storiche in ambiente GIS e loro verifica mediante rilievi GPS”, in *Atti del VI Convegno Nazionale ASITA*, Milano.

Batty M. (1998), “GIS and Urban Design”, in *CASA (Centre for Advanced Spatial Analysis University College London)*, Londra, disponibile *on-line* su: <http://www.casa.ucl.ac.uk/visualcities.pdf>

Bevilacqua E., Puppi L. (1987), *Padova: il volto della città: dalla pianta del Valle al fotopiano*, Editoriale Programma, Padova.

Campana S. (2003), “Catasto Leopoldino e Gis technology: metodologie, limiti e potenzialità, in trame spaziali”, in *Quaderni di Geografia Storica del Dipartimento di Storia dell’Università di Siena*, Dipartimento di Storia dell’Università di Siena, Siena, pp.71-78.

Conzen M. R. G. (1969), *Alnwick, Northumberland. A study in town-plan analysis*, Institute of British Geographers, Oxford.

Forte M. (2002), “I Sistemi Informativi Geografici in Archeologia”, *I quaderni di MondoGIS*, Roma.

Hudson-Smith A. (2007), “Digital Urban - The Visual City”, in *CASA (Centre for Advanced Spatial Analysis University College London)*, Londra, disponibile *on-line* su: http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper124.pdf

Magrassi G. (2002), “Rappresentazione tridimensionale e sistemi GIS: problemi metodologici di modellazione 3D sul contesto costruito”, *Rivista trimestrale di Disegno Digitale e Design*, Anno 1, n. 4.

Pavanello I. (2003), *I catasti storici di Padova XIX-XX secolo*, Biblos, Cittadella (Padova).

Poli D. (2006), “Generazione di Modelli Urbani 3D per GIS e Visualizzazioni in Real-Time”, disponibile *on-line* su: http://www.cybercity.tv/pub/2006/Asita_2006_181.pdf

Rossi M. (2002), “Metodi e strumenti per la rappresentazione di edifici storici e del territorio”, *Rivista trimestrale di Disegno Digitale e Design*, Anno 1 n. 4.

Salonia P., Negri A. (2001), “Conservazione del patrimonio costruito storico: un sistema per l'integrazione e la gestione di dati eterogenei”, in *Atti della Terza Conferenza di MondoGIS “Usi e consumi dell'informazione geografica”*, Roma 23/25 maggio 2001, MondoGIS, Roma.

Valenti M. (2000), “La piattaforma GIS dello scavo. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e soluzione GIS”, *Archeologia e calcolatori*, vol. 11, pp. 93-109.

Worboys M., Duckham M. (2004), *GIS: A Computing Perspective*, CRC Press, Boca Raton.