



Università degli Studi di Cagliari

DOTTORATO DI RICERCA IN
TECNOLOGIE PER LA CONSERVAZIONE DEI BENI ARCHITETTONICI E AMBIENTALI

XXV Ciclo

TITOLO TESI

Volte Tardogotiche Sarde: Disegno, Misura, Materia

Settore scientifico disciplinare di afferenza

ICAR/17

Presentata da: **Paola Casu**

Coordinatore

Prof. Ulrico Sanna

Tutor: **Prof. Silvana Maria Grillo**

Co-tutor: **Ing. Claudia Pisu**

Esame finale anno accademico 2011 – 2012

INDICE

INTRODUZIONE	5
1 L'ARCHITETTURA TARDOGOTICA IN SARDEGNA	7
1.1 INDAGINE SULLA LETTERATURA	7
1.2 LE CHIESE	12
1.3 LE COPERTURE VOLTATE	17
2 DISTRIBUZIONE DELLE CHIESE SARDE CON CARATTERI TARDOGOTICI	23
2.1 EDIFICI CHE CONSERVANO ANCORA LE VOLTE	23
2.1.1 Censimento delle volte	23
2.1.2 Predisposizione della cartografia di base per il G.I.S.	31
2.1.3 Strutturazione del database e delle schede	32
2.1.4 G.I.S. delle volte: creazione dei tematismi	33
2.2 RISULTATI DEL CENSIMENTO	34
2.2.1 Considerazioni sui risultati ottenuti	39
2.2.1.1 Tipologie delle volte	39
2.2.1.2 Materiali	52
2.3 SCHEDE	55
2.3.1 Provincia di Cagliari	55
2.3.2 Provincia di Carbonia-Iglesias	67
2.3.3 Provincia Medio Campidano	69
2.3.4 Provincia di Oristano	73
2.3.5 Provincia di Nuoro	79
2.3.6 Provincia di Sassari	83
3 LE VOLTE NERVATE TARDOGOTICHE	89
3.1 DIFFUSIONE E VARIANTI: EUROPA, SPAGNA, SARDEGNA	89
3.1.1 Volte tardo gotiche in Europa	89
3.1.2 Tipi volumetrici: volte stellari, volte a rete, volte a ventaglio	92
3.1.3 Il gotico catalano e il tardo gotico spagnolo	93
3.1.4 La Sardegna.	94
3.1.4.1 Volta a crociera semplice su base quadrata o rettangolare	95
3.1.4.2 Volta stellare su base quadrata o rettangolare	97
3.1.4.3 Volta poligonale	99
3.1.4.4 Posizione delle volte all'interno della fabbrica	100
3.2 L'APPARECCHIO DELLA VOLTA NERVATA TARDOGOTICA SARDA	102
3.2.1 Prassi costruttive e confronto con la volta codificata nei trattati rinascimentali spagnoli	102
3.2.2 Componenti dell'apparecchio voltato	106
3.2.3 Materiali	107
4 DISEGNO E RILIEVO	113
4.1 PROGETTO DELLE PROCEDURE DI RILEVAMENTO	113

4.1.1 Dati preesistenti	113
4.1.2 Metodi di raccolta dati ex novo	114
4.1.2.1 Il sopralluogo	114
4.1.2.2 Il progetto del rilievo	116
4.2 LA RESTITUZIONE DEL RILIEVO	121
4.2.1 Procedure di restituzione per fotomodellazione	121
4.2.1.1 Software & Cloud computing	121
4.2.1.2 Mesh texturizzate e loro elaborazione	126
4.2.2 Da superfici discrete a superfici continue: creazione del modello finito della volta	129
5 CASI STUDIO	133
5.1 NOTE INTRODUTTIVE	133
5.2 RILIEVI E ANALISI GEOMETRICHE	137
5.2.1 Assemini, San Pietro	137
5.2.2 Decimomannu, Sant'Antonio Abate	144
5.2.3 Sestu, San Giorgio	150
5.2.4 Villaspeciosa, Beata Vergine Assunta	159
5.2.5 Furtei, Santa Barbra	162
5.2.7 Busachi, San Domenico	167
5.2.6 Busachi, Sant'Antonio da Padova	171
6 ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI	177
6.1 ANALISI DEI RISULTATI	177
6.1.1 Confronti dimensionali in pianta	177
6.1.2 Apparecchio della volta: confronto tra caso teorico e casi rilevati	179
6.1.3 Conci e decorazioni in relazione al materiale da costruzione	181
6.2 CONSIDERAZIONI SUL METODO	182
6.2.1 Vantaggi	182
6.2.2 Svantaggi	182
6.2.3 Bilancio e considerazione finali	182
6.3 CONCLUSIONI	183
BIBLIOGRAFIA	185

INTRODUZIONE

Lo studio proposto nella presente tesi nasce dal desiderio di comprendere a fondo il modo di costruire le volte tardo gotiche della Sardegna. Durante occasioni di studio precedenti è emersa la necessità di approfondire questo specifico argomento all'interno del vasto campo d'indagine rappresentato dall'architettura tardogotica della Sardegna che abbraccia un arco temporale compreso tra il XIV e il XVII secolo. Gli aspetti di ricerca offerti dal gran numero di architetture di questo tipo presenti sull'isola sono innumerevoli e ciascuno non privo di possibili sfaccettature di approfondimento. Tuttavia il problema delle coperture voltate appariva quello più complesso e variegato sia per il gran numero di casi a disposizione sia per la possibilità di approfondire lo stretto legame tra le costruzioni sarde e quelle della Catalogna, sottolineato dagli autori di storia dell'architettura. Questo legame è stato cercato non tanto approfondendo gli aspetti storici ma soprattutto utilizzando il disegno come strumento di conoscenza e indagine.

Il disegno entra in questo lavoro in diversi momenti: nell'analisi del territorio come ricerca grafica per la visualizzazione dei dati censiti; nell'analisi della costruzione della volta come disegno interpretativo del progetto, come rappresentazione teorica del volume, come immagine della prassi stereotomica. Infine, compare come elemento d'indagine sulla misura, come trascrizione delle operazioni di rilevamento e strumento di confronto geometrico e dimensionale.

Punto centrale del lavoro è sicuramente la fase di documentazione e rilievo che si è svolta su due piani differenti. Uno generale che ha permesso di redigere il catalogo generale degli edifici tardo gotici contenenti volte a crociera costolonata. Uno di dettaglio che ha permesso di

misurare e analizzare approfonditamente numerosi casi studio.

Parallelamente al discorso del rilevamento architettonico in tutte le fasi di lavoro si è affrontato anche l'aspetto inerente il materiale da costruzione adoperato nella realizzazione delle volte al fine di porre in luce le differenti soluzioni adottate in relazione alla lavorabilità del materiale e individuare per quanto possibile i siti di provenienza dei materiali nei diversi casi specifici analizzati. Il lavoro è, infatti, articolato in fasi successive.

Innanzitutto si propone un inquadramento del problema e della situazione di partenza della ricerca che evidenzia le potenzialità e le carenze dello stato dell'arte sull'argomento. Avendo come obiettivo una documentazione orientata alla conservazione e dunque che approfondisce aspetti concernenti la tecnica costruttiva e l'uso dei materiali, s'intendeva tracciare un percorso possibile d'indagine che fornisse una prima conoscenza del fenomeno sul territorio e individuasse in modo concreto i punti di collegamento con le regioni della Spagna da cui fu importata in Sardegna la prassi costruttiva del tardogotico.

In secondo luogo s'illustra il metodo adoperato per il censimento e i risultati ottenuti. I dati organizzati in un sistema GIS sono strutturati in modo da poter essere interrogati per ottenere rappresentazioni cartografiche d'insieme che garantiscano un'immediata analisi visuale dei dati raccolti ed elaborati. Il censimento ha consentito l'individuazione di un cospicuo numero di edifici presenti sull'intero territorio regionale di cui sono state redatte delle schede sintetiche e ha permesso di apprezzarne la capillarità della diffusione e al contempo di evidenziare la varietà dei materiali adoperati per la loro realizzazione anche in

relazione alle particolarità geologiche dell'isola.

Sulla base dei dati raccolti, nella parte successiva si analizzano gli aspetti legati alla costruzione vera e propria della volta mettendo in relazione i casi reali individuati con quelli teorici ricavati dalla codifica dei trattati di stereotomia e costruzione pubblicati in Spagna nel XVI secolo. In questa fase di ricerca sono state meglio considerate anche le relazioni tra la tecnica costruttiva e il materiale da costruzione impiegato approfondendo le informazioni già emerse nella fase iniziale di censimento.

Sulla base dei dati raccolti nelle fasi descritte, sono stati scelti i casi studio ed è stato progettato il processo di rilevamento delle singole volte. L'obiettivo di questa fase è stato quello di definire e applicare un metodo di rilevamento speditivo che ha consentito la rapida ma accurata misura e restituzione di numerosi casi studio individuati secondo criteri di omogeneità relativi alla datazione, al materiale, all'area geografica.

Il metodo di rilievo messo a punto ha permesso di sperimentare l'applicazione

dei software Image Based Modelling nel rilevamento di spazi interni a un edificio. È stato così possibile affinare una procedura adatta alla documentazione delle volte tardo gotiche sarde che per dimensione e forma ben si adattano alle specifiche richieste dai software utilizzati. Avendo testato la procedura su un cospicuo numero di volte è stato possibile evidenziare le potenzialità e i limiti del metodo e definire un protocollo per la documentazione di altre volte simili.

A conclusione del lavoro è stato possibile procedere a un confronto dimensionale tra le varie volte rilevate, evidenziando similitudini e differenze con i casi teorici illustrati nei trattati di costruzione spagnoli. Sono state individuate le caratteristiche ricorrenti anche in termini di elementi decorativi. Quest'ultimo aspetto ha permesso di delineare i possibili sviluppi futuri della ricerca, che potrebbe evolversi nell'analisi di dettaglio della lavorazione della pietra e il confronto tra le modanature e gli elementi decorativi in basso rilievo che caratterizzano maggiormente le chiavi di volta, i capitelli e i peducci.

1 L'ARCHITETTURA TARDOGOTICA IN SARDEGNA

1.1 INDAGINE SULLA LETTERATURA

L'architettura tardogotica sarda va inquadrata nel periodo del gotico maturo che si delineò alla fine del XIII secolo in diverse declinazioni locali in tutta Europa. In Sardegna il gotico giunse attraverso due vie e in tempi differenti, dapprima attraverso gli stretti legami con l'Italia e poi, in periodo più tardo, dalle relazioni con la Spagna. Quest'ultimo canale di scambio culturale è quello che ha dato vita alle opere oggetto di studio. Il tardo gotico arrivò, infatti, agli inizi del XIV secolo, dalla via che dalla Catalogna, attraverso le isole Baleari portava in Sardegna (Fig.1).

In generale le costruzioni sarde possono essere ascritte a quello che recentemente è stato definito il Gotico Mediterraneo¹. La definizione Gotico Mediterraneo è stata coniata per identificare tutte le opere gotiche delle regioni mediterranee

che per caratteristiche e modi costruttivi si discostano da quelle dell'Europa centrale e costituiscono una manifestazione architettonica specifica. "La parola *gotico* sembra evocare un paesaggio architettonico completamente diverso da ciò che ci ricorda il Mediterraneo. Le grandi cattedrali francesi, o gli sfondi architettonici della pittura fiamminga, sembrano derivare dagli antipodi del cielo luminoso e delle onde del nostro mare. Tuttavia, i castelli residenza di Castel Maniace in Sicilia, Bellver a Maiorca o Castelnuovo di Napoli, le cattedrali di Nicosia, Palma di Maiorca, Girona, o Albi, le chiese in Slovenia, Évora, Palermo, i palazzi quattrocenteschi di Rodi, Dubrovnik, Malta, o Valencia, mostrano elementi stilistici che li legano a questo periodo della storia dell'architettura che chiamiamo gotico. Infatti, parallelamente al recupero delle forme classiche, nel Mediterraneo si



Fig.1 - Via di scambio culturale ed economico tra Catalogna e Sardegna.

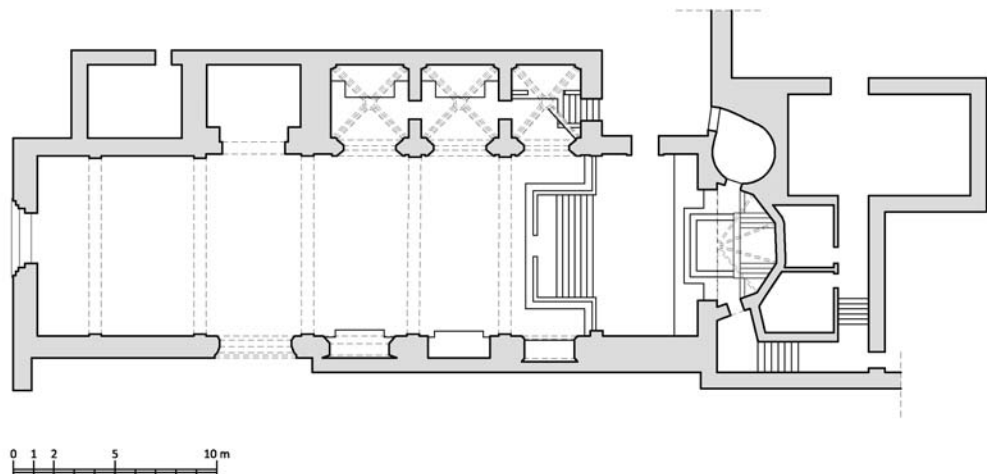
manifesta un coerente episodio gotico che comincia dall'inizio del XIII secolo e si sviluppa fino a buona parte del XVI secolo.”²

Esso ha le sue espressioni più note nelle regioni di Catalogna e Valencia. Tuttavia esistono innumerevoli esempi diffusi in tutta l'area mediterranea d'influenza spagnola tra cui ricordiamo la Sardegna, la Sicilia e il sud dell'Italia. La diffusione dell'architettura d'influenza catalana in tali regioni è stata recentemente messa in luce dalla ricerca PRIN 2004 coordinata dal C. Cundari³ i cui risultati, pubblicati nel 2007, hanno consentito di schedare un gran numero di edifici. E' stato così costituito un catalogo documentario e iconografico di edifici con caratteristiche simili che ha riordinato in un unico grande contenitore un cospicuo numero d'informazioni a volte inedite. Oltre a queste regioni nell'area del Gotico Mediterraneo rientrano anche le costruzioni della medesima epoca realizzate nei paesi del Mediterraneo orientale. Ciascuna di queste aree presenta degli elementi caratteristici e delle similitudini che sono state portate in luce da numerosi studi negli ultimi dieci anni. Così come accade per le aree centro e nord europee anche nelle regioni del mediterraneo si riconoscono correnti e specificità locali ben distinte. Nello specifico dell'architettura sarda occorre innanzitutto definire un arco tempo-

rale di studio legato soprattutto alle vicende storiche dell'isola. La Sardegna, dal XIV al XVIII secolo, fece parte della Corona d'Aragona e poi del Regno di Spagna. Sul suo territorio fu introdotta la cultura costruttiva del gotico che si sviluppò e consolidò in forme codificate ripetibili che interessarono sia l'architettura religiosa sia quella civile. I tipi costruttivi del tardogotico comparvero in Sardegna già all'inizio del XIV secolo in alcune costruzioni realizzate nella città di Cagliari. Il primo e più rappresentativo tra questi edifici è il Santuario di Nostra Signora di Bonaria (1324), chiesa del primo presidio aragonese nell'isola⁴.

Vi fu poi un lungo periodo d'incertezza politica. I forti scontri tra il giudicato di Arborea e il regno di Aragona per la supremazia sull'isola rallentarono la diffusione dei nuovi modi costruttivi. La lunga guerra per l'attribuzione della corona del Regno di Sardegna fu, infatti, la causa che portò alla diffusione così tarda di forme legate al gotico. Gli aragonesi rivendicavano la corona a seguito della concessione fatta da papa Bonifacio VIII a Giacomo II di Aragona⁵ che gli dava diritto alla conquista dell'isola sebbene in Sardegna vi fosse un assetto politico già consolidato. La conquista dell'isola ebbe inizio nel 1324. I sardi dapprima sostennero gli aragonesi nella conquista del giudicato di Cagliari che si trovava sotto il

Fig.2 - Pianta del Santuario di Nostra Signora di Bonaria (1324), Cagliari.



controllo pisano poi, si opposero strenuamente specie con le forti azioni di Mariano IV giudice di Arborea che concesse agli aragonesi il solo possesso di Cagliari e Alghero conquistando per se tutta l'isola. Alla morte di Mariano (1376) le vicende si complicarono e la Sardegna rimase in un clima d'instabilità politica ancora per molto tempo. Cosicché dalle prime realizzazioni tardogotiche degli anni venti e trenta del XIV secolo ci fu un lungo periodo di vuoto fino alle nuove costruzioni del XV secolo.

La vera e propria azione di diffusione capillare dello stile gotico catalano e di evoluzione delle capacità delle maestranze avvenne tra il XV e il XVII secolo⁶. In questo lungo periodo si formarono gruppi di costruttori che rielaborarono secondo il gusto locale le forme acquisite dalla Spagna, ed in particolare dalla Catalogna⁷. Dalle regioni catalane fu importato anche il sistema organizzativo delle professioni, i gremi. "Si trattava di corporazioni di lavoratori, rette da statuti d'ispirazione barcellonese, che avevano come scopo il mutuo soccorso fra gli iscritti e il costante

controllo delle tariffe"⁸. Essi cominciarono a diffondersi nell'isola già negli anni venti del XV secolo contribuendo notevolmente alla diffusione del modo di costruire catalano. Al loro interno si formarono generazioni di scarpellini e muratori, dapprima nelle città maggiori poi nei centri minori, per arrivare ad avere una diffusione capillare che si conserva ancora oggi nelle tradizioni di alcune feste e processioni⁹.

L'influenza delle maestranze catalane fu così forte e radicata sul territorio, che i modelli e tipi costruttivi perdurarono per lungo tempo nel vocabolario costruttivo delle maestranze locali e furono riprodotte apparentemente senza particolare evoluzione architettonica e stilistica, per ben due secoli.

L'architettura d'influenza catalana, religiosa e civile, è presente in numerose testimonianze ancora intatte, in molti paesi e nelle città dell'isola: vi sono grandi chiese parrocchiali e campestri, case padronali ed edifici più modesti. I paesi del centro Sardegna, forse perché interessati in modo più lento e marginale dagli

Fig.3 - Esempi di architettura civile con elementi tardogotici di influenza catalana: a) Laconi (XIV secolo), b) Fordongianus, (fine XVI, inizi XVII secolo); c) Ula Tirso (XVII secolo), d) Ghilarza (fine XVI secolo).



Fig.4 - Quartucciu, chiesa di San Giorgio (XV secolo, modificata in più riprese), facciata ed interno.



avvenimenti storici, portano ancora le maggiori testimonianze di questa epoca¹⁰. Tali caratteristiche possono essere riconosciute in diverse tipologie di edifici sia nell'organizzazione degli spazi sia, e soprattutto, in alcuni elementi architettonici caratterizzanti.

Nell'architettura civile si possono riconoscere tali dettagli specialmente nelle particolarità delle aperture, ossia nelle lavorazioni degli stipiti e degli archi o architravi di porte e finestre.

Nell'architettura religiosa, le similitudini con quella catalana, sono più marcate e si possono riconoscere: nell'impianto, nell'organizzazione interna dello spazio e, ancor di più, nelle scelte costruttive per le soluzioni delle aperture e delle coperture. Nell'ambito degli edifici religiosi, le coperture voltate sono certamente l'elemento caratterizzante più forte; di esse troviamo notevoli esempi in tutto il territorio isolano.

Ciò che maggiormente si è conservato

sono gli edifici religiosi e in particolare le chiese parrocchiali dei paesi. Esse sono state spesso oggetto di trasformazioni nel corso dei secoli, ma in molte conservano ancora forti tracce dell'impianto gotico, o in alcuni casi, mostrano tali caratteri solo esteriormente sulla facciata, in altri casi più frequenti, anche nel permanere delle coperture voltate a crociera semplice o stellare dei presbiteri e delle cappelle laterali, che spesso sopravvivono anche a stravolgimenti della fabbrica operati in tempi successivi. A titolo di esempio si possono citare la chiesa di San Giorgio a Quartucciu (Fig.4) che esteriormente mostra una facciata di fine ottocento e all'interno, nonostante l'aula sia stata modificata e coperta da volte a botte, conserva ancora il presbiterio tardogotico con volta stellare con cinque gemme di chiave e costoloni lavorati, peducci scolpiti in basso rilievo, arcone d'accesso con basi e capitelli lavorati. Analogamente a Villacidro la chiesa, modificata in tutta la

sua struttura, conserva ancora la volta gotica del presbiterio (Fig.5). Numerosi sono gli studi che riguardano singoli edifici o affrontano un discorso di carattere più generale sulla diffusione e i tipi dell'architettura tardogotica sarda d'influenza spagnola. Già Dionigi Scano¹¹, a inizio Novecento, notò le singolarità di tali architetture, tuttavia non compì una ricerca sistematica che permettesse di distinguerle da quelle gotiche precedenti, d'influenza francese e italiana, se non per ipotesi di datazione. Inoltre in tempi successivi Delogu¹² nello studiare l'architettura medievale della Sardegna si soffermò maggiormente sulle particolarità di quella più antica, e ai suoi studi ne seguirono altri che privilegiarono le ricerche su tali argomenti. Lo stesso Delogu, tuttavia, non tralasciò di approfondire l'argomento del gotico "aragonese" e redasse un'accurata bibliografia su numerosi studi riguardo all'architettura del medioevo sardo tra cui quella gotico catalana¹³. Negli anni sessanta del Novecento A. Florensa¹⁴ e R. Serra¹⁵ deli-

nearono una prima forma di studio generale sulla distribuzione e sull'individuazione di caratteristiche comuni a differenti architetture; tuttavia gli studi che superassero il solo dato della distribuzione e dei caratteri architettonici all'epoca erano pressoché agli inizi. Risalgono ad allora la pubblicazione di rilievi metrici di alcuni monumenti significativi per opera di M. Freddi¹⁶. Seguirono numerosi studi particolari, specie sulle architetture religiose, ma considerando singoli monumenti e senza operare confronti su vasta scala. Negli anni novanta, studi importanti su Alghero, Sassari e l'intera isola furono pubblicati da Sari, Porcu Gaias, Segni Pulvirenti¹⁷. Il risalto maggiore è dato agli aspetti decorativi e all'analisi dei documenti. Le considerazioni di carattere volumetrico, dimensionale e sui materiali da costruzione non vengono trattate se non marginalmente. Tali informazioni si trovano sporadicamente su pubblicazioni riguardanti singoli edifici in cui le considerazioni sui materiali e altri caratteri degli edifici



Fig 5 - Villacidro, chiesa di Santa Barbara (XVI secolo, modificata in più riprese), interni.

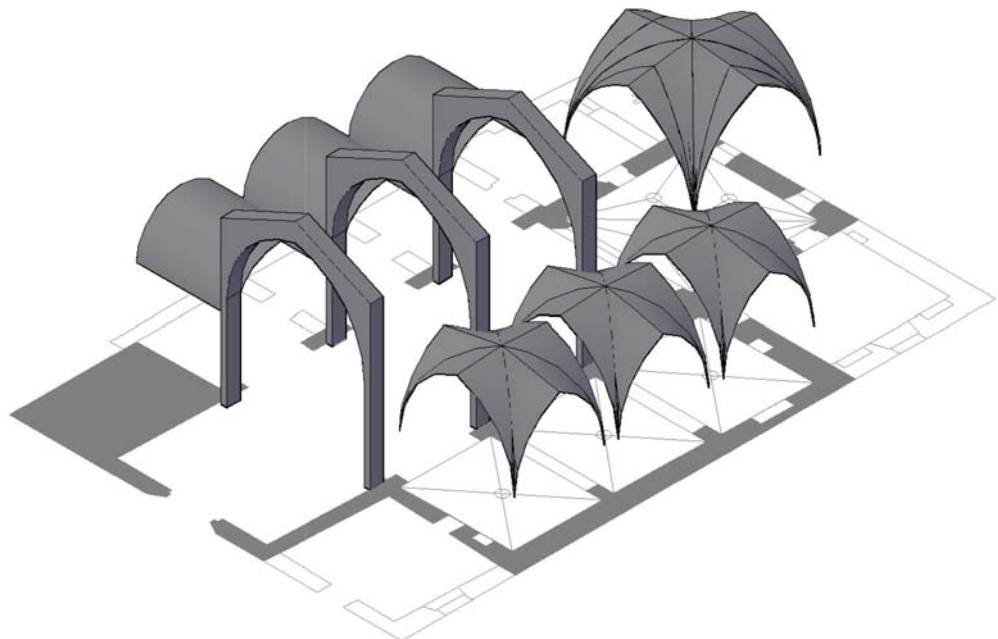
sono sempre subordinate agli aspetti prettamente storici e in particolare ai nomi delle maestranze e alle date di esecuzione. Queste informazioni sono certamente di notevole importanza per l'inquadramento storico critico dei singoli edifici, ma occorre accostarle a quelle di altri per ottenere un quadro più omogeneo della materia e rendersi conto del sistema adoperato nella realizzazione di tali fabbriche. Utili informazioni sono quelle sull'organizzazione dei gremi che permettono di chiarire come potesse essere articolato il cantiere in funzione delle tipologie di maestranze che si raggruppavano in associazioni di categoria, diffuse in gran parte dell'isola. E' importante ricordare che l'influenza delle maestranze catalane su quelle sarde fu tale che ne fu condizionata anche la lingua locale, infatti, molti termini che riguardano le costruzioni, derivano dal catalano e dallo spagnolo. In Sardo a esempio la volta è chiamata *bóveda* esattamente come in spagnolo, e molti altri termini legati alle attività tipiche di muratori e falegnami sono simili a quelle della penisola iberica. Questo stretto legame evidenziato anche dalla lingua ha prodotto una grande quantità di realizzazioni d'importanza più o meno rilevante diffuse su gran parte del

territorio regionale. Le relazioni Sardegna-Spagna furono, infatti, strette e perdurarono per un arco di tempo notevole. Esse sono evidenti in tutti gli strati della popolazione e nei diversi ambiti della cultura e dell'economia¹⁸. Geograficamente, l'asse di collegamento era rappresentato dalle rotte che toccavano Oristano, le Baleari e Barcellona. Lungo quest'asse di collegamento avvenivano gli scambi di merci e professionalità. In tempi di navigazione s'impiegavano circa due giorni quindi gli scambi erano assai rapidi e ciò fa comprendere ancor di più quanto facile fosse spostarsi per gli artigiani più capaci, tanto che questa era già prassi frequente anche in periodi precedenti in tutta la regione europea. Alla luce di queste considerazioni è di fondamentale importanza, a questo punto, ribadire quali sono le similitudini specifiche tra gli edifici tardogotici sardi e quelli delle regioni della Spagna mediterranea.

1.2 LE CHIESE

La chiesa sarda d'impianto tardo gotico ha uno schema molto semplice impostato su pianta rettangolare. L'aula è generalmente una progressione di quattro o cinque moduli scanditi da archi diaframma a

Fig.6 - Schema della chiesa di Sant'Antonio Abate a Decimomannu.



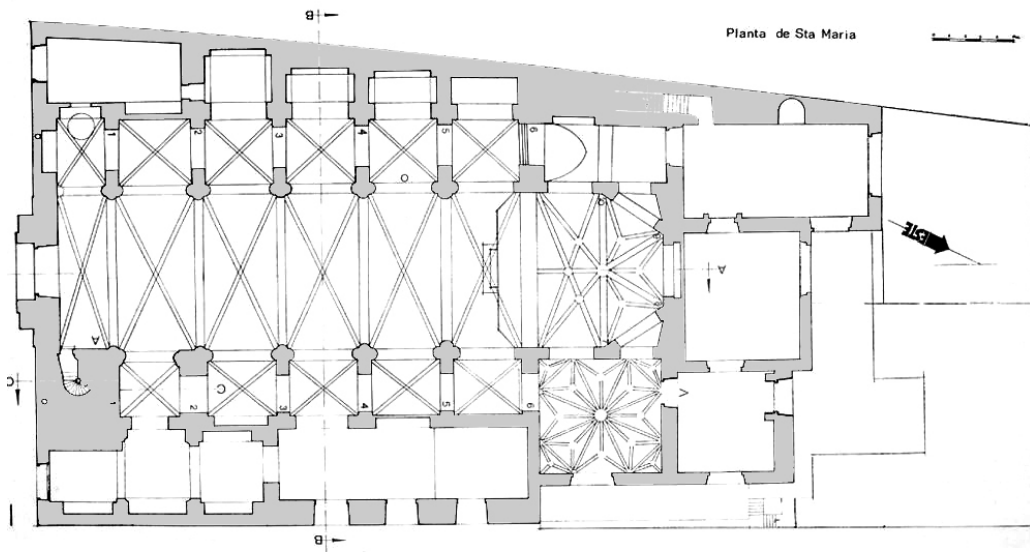


Fig.7 - Pianta della chiesa parrocchiale di Santa Maria, Alicante. XV-XVI secolo¹⁹

sesto acuto che sorreggono la copertura, sul fondo dell'aula si apre la capilla mayor. Di larghezza inferiore a quella della navata, essa accoglie l'altare. E' generalmente impostata su base quadrangolare e coperta con volta a crociera (semplice o stellata). Lungo i lati maggiori dell'aula si affacciano le cappelle laterali realizzate di norma in tempi differenti rispetto alla fabbrica principale anch'esse generalmente voltate a crociera. Per la copertura dell'aula si trovano diverse soluzioni che comprendono volte a crociera tra gli archi diaframma, volta ogivale che si sviluppa per tutta la lunghezza dell'aula o tetto ligneo. Secondo le zone la facciata è a capanna oppure a terminale piatto ossia di forma rettangolare. L'accesso all'aula nella maggior parte dei casi avviene attraverso un'unica apertura: un portale. Nell'impianto più antico, il portale e il rosone, rappresentavano l'unico elemento d'illuminazione dell'aula, poiché i piccoli oculi delle cappelle laterali non erano sempre presenti. Molte delle chiese d'impianto tardogotico che si trovano in Sardegna, sono state modificate e ampliate nel corso dei secoli, così le caratteristiche originarie ancora conservate sono riconoscibili spesso solo in alcune parti.

Questo schema brevemente descritto

trova riscontro in molte caratteristiche delle chiese gotiche catalane. Di seguito verranno descritti con maggior dettaglio i singoli elementi caratterizzanti tali edifici per evidenziare ancora una volta lo stretto legame tra architettura sarda e catalana e al contempo porre in luce, seppur brevemente, le singolarità e particolarità degli edifici sardi.

La chiesa catalana di epoca tardogotica, pur mantenendo molti caratteri comuni con quelli di altre località, è strutturata secondo alcune regole che la distinguono da realizzazioni contemporanee in altre regioni europee. Molte delle cattedrali e delle chiese parrocchiali dell'area catalana e valenciana presentano un impianto a navata unica di pianta rettangolare che termina con un presbiterio di solito a pianta poligonale o rettangolare (in questo caso può essere più stretto della navata) con cappelle laterali aperte sui lati lunghi della navata.

La maggiore particolarità dell'architettura catalana è la ricerca di uno spazio unitario ampio senza frammentazioni. L'obiettivo del costruttore catalano è spesso stato quello di edificare una sala che di volta in volta si trasforma da semplice casa in tempio, magazzino, loggia, luogo di riunione.

La forma di questa sala è tendenzialmente

rettangolare. La proporzione tra i lati è tale che non c'è uno molto più grande dell'altro diversamente da quanto accade nell'architettura francese in cui il rettangolo appare lungo e stretto. L'architettura catalana è fedele all'intimità, rifiuta le strutture esteriori di ostentazione, è fatta più per servire la gente e la comunità piuttosto che come veicolo di propaganda della classe ricca²⁰. Quello cui viene dato risalto, è lo spazio interno e ciò porta spesso a un'austerità e scarsa decorazione degli esterni. Da questo spirito deriva anche il concetto del tempio catalano a unica navata, organizzato in modo che un'unica aula accogliesse i fedeli, a precorrere i temi del concilio di Trento²¹. La chiesa catalana a navata unica si sviluppò con caratteristiche specifiche ben diverse dalle cattedrali gotiche degli altri paesi. Il sistema modulare comune nella maggior parte delle chiese romaniche e gotiche europee, che si è evoluto in parte per motivi economici e costruttivi, suggerisce il simbolo dell'infinito e dell'eternità. Se si estende la lunghezza della chiesa, moltiplicando per un numero indeterminato la stessa unità, si evoca in modo potente la vastità del regno celeste. Questo concetto permane anche nelle chiese a navata unica tuttavia lo spazio acquista una nuova forma. La navata centrale e quelle laterali sono portate alla stessa quota, e queste gradatamente si trasformano nelle cappelle laterali. La spinta delle volte che coprono la navata si esaurisce nei muri laterali delle cappelle che contengono la spinta e suddividono le aree di culto. Ciascuna cappella è dedicata a un santo e la devozione dei fedeli è articolata in diverse aree della chiesa. Lo spazio dedicato all'assemblea dei fedeli era circondato da cappelle che racchiudevano le diverse manifestazioni della loro fede. Le cappelle, infatti, erano spesso edificate per volontà e con il contributo economico dei gremi, o di altre personalità o confraternite. Quest'attenzione per gli spazi interni, che tralascia la cura decorativa dell'esterno,

appare chiaramente anche nelle chiese sarde. In esse le decorazioni esterne si possono riconoscere esclusivamente negli elementi che caratterizzano la facciata principale e cioè: il portale, il rosone e, quando presente, la merlatura. Così come nel gotico catalano delle chiese minori, le grandi finestre tipiche del gotico europeo sono assenti. Spesso nelle chiese sarde ancora oggi la luce arriva dal rosone e da poche altre piccole aperture che, in alcuni casi, sono state realizzate in tempi successivi rispetto alla costruzione dell'edificio gotico. I prospetti laterali e posteriori sono spesso sguarniti e privi di elementi decorativi, diversamente da quanto si può riscontrare nelle chiese di epoca precedente in cui anche le facciate laterali e le pareti esterne delle absidi presentano decorazioni.

Nell'architettura catalana la chiusura del grande spazio interno, spesso scandito da archi diaframma a tutto sesto o a sesto acuto, era realizzata generalmente mediante l'uso di volte a crociera nervata semplice o stellare²². Tuttavia non manca la scelta di coprire lo spazio con tetto ligneo. All'esterno il tetto si presenta generalmente piano e i contrafforti arrivano fino al livello dell'estradosso del tetto, mentre la copertura delle cappelle è realizzata più in basso tra i contrafforti. In Sardegna questo non accade, infatti, le volte sono sempre finite all'estradosso con un tetto a spioventi coperto generalmente da tegole, in altri casi l'estradosso si risolve in una superficie a curvatura multipla con conformazione bombata in corrispondenza della parte rialzata della volta cui all'interno corrisponde la chiave centrale della volta. Nelle chiese catalane e valenciane, per i contrafforti che contengono la spinta delle volte di copertura dell'aula, non si adotta la soluzione degli archi rampanti come nel gotico degli altri paesi europei. Essi sono dei grandi setti murari tra cui vengono realizzate le cappelle laterali. Nelle chiese sarde d'impronta catalana si leggono generalmente i contrafforti in



Fig.8 - A destra Empuries, Sant Martí (XVI secolo)²³, a sinistra Settimo San Pietro (CA), San Pietro (XVI secolo).

corrispondenza degli archi diaframma, anche se l'aula non è coperta con volte. Quando presenti, tra essi si trovano i volumi scarni che all'interno racchiudono le cappelle coperte con volte a crociera con nervature lavorate, chiavi con gemme pendule e peducci scolpiti, archi d'accesso realizzati con conci modanati in varie forme, pseudo capitelli e basi lavorate.

Spesso la facciata principale della chiesa si presenta con un terminale piatto. Infatti, le facciate di molte chiese catalane presentano una facciata di forma rettangolare. Questa soluzione s'incontra molto spesso in Sardegna, specie nelle chiese del sud, la facciata ha la forma rettangolare con coronamento di merli e il campanile a base quadrata spesso sul lato sinistro. La forma e la posizione del campanile si

discostano dagli esempi spagnoli e ricordano molto quello di foggia più antica della cattedrale di Cagliari.

Le similitudini tra le chiese sarde e quelle catalane vanno cercate negli esempi minori. Nelle chiese parrocchiali dei *pueblos* e nelle *ermitas*⁴ le cui dimensioni contenute si avvicinano maggiormente a quelle degli edifici sardi. Le chiese campestri e le piccole parrocchie racchiudono spesso caratteri molto simili a quelli delle analoghe chiese sarde rivelando una vicinanza culturale a volte sorprendente. Le particolarità delle chiese tardogotiche sarde furono evidenziate già dal Florensa che ravvisò un'autonomia di scelte architettoniche specifiche che differenziano gli edifici isolani da quelli catalani, in particolar modo per quanto riguarda la



Fig.9 - Confronto tra le facciate: a destra Argentona, Sant Julià (XVI secolo)²⁵, a sinistra Settimo San Pietro (CA), San Pietro (XVI secolo).

Fig.10 - Confronto tra gli interni coperti con voltata a crociera: a destra Argentona, Sant Julià (XVI secolo)²⁶, a sinistra Padria (SS), Santa Giulia (XVI secolo).



Fig.11 - Confronto tra gli interni coperti con tetto ligneo: a destra Mont Blanc, Sant Miquel (XIII-XV secolo)²⁷, a sinistra Decimomannu (CA) Sant'Antonio Abate (XVI secolo).



Fig.12 - Confronto tra le facciate: a destra Empuries, Sant Martí (XVI secolo)²⁸ a sinistra Sestu (CA), San Giorgio (XV secolo).



relazione tra l'area del presbiterio e quella della navata. Mentre nella maggior parte delle chiese catalane la navata e il presbiterio si sviluppano senza soluzione di continuità, in Sardegna quest'ultimo ha una dimensione differente rispetto a

quella dell'aula. Inoltre la capilla mayor ha frequentemente pianta rettangolare a differenza di quelle catalane che si presentano nella maggior parte a pianta poligonale. Questa soluzione non manca tuttavia anche nelle chiese sarde tra cui



Fig.13 - Ula Tirso (OR), chiesa di Sant'Andrea (fine XVI secolo).

occorre ricordare il Santuario di Bonaria, primo esempio del gotico catalano dell'isola.

All'interno del territorio sardo si possono poi evidenziare dei caratteri differenti tra le diverse regioni geografiche che hanno portato allo sviluppo di caratteristiche specifiche. Così è facile notare una differenza formale tra le chiese del nord e del sud. I caratteri specifici di ciascuna regione sono riconoscibili, in particolare, non tanto nello schema spaziale derivato da un concetto costruttivo diffuso in tutta Europa, quanto nella scelta dell'impiego delle diverse tipologie di copertura e di soluzione formale per la realizzazione delle volte, degli archi modanati delle facciate e in particolare dei portali, nel particolare uso del materiale locale che in alcuni casi ha dato origine a degli accostamenti cromatici di alternanza di toni chiari e scuri.

La pietra da taglio è il materiale principale utilizzato per la realizzazione dell'architettura in Catalogna e così in Sardegna. Per quanto riguarda le volte nervate non si trovano realizzazioni di altro materiale se non la pietra. In Catalogna era usata generalmente la *pedra caissa* o *arenisca* per realizzare porte finestre conci di archi

e per altri elementi di supporto come pilastri, colonne, nervature delle volte, ecc²⁹.

Anche in Sardegna i materiali adoperati per la realizzazione degli edifici tardo gotici sono arenarie, calcari e vulcaniti, pietre generalmente facilmente lavorabili e con caratteristiche cromatiche interessanti che si prestano alla realizzazione di edifici con particolari caratteristiche ornamentali (Fig.12).

1.3 LE COPERTURE VOLTATE

Le coperture voltate tardogotiche sono presenti in Sardegna esclusivamente negli edifici religiosi. Non abbiamo traccia del loro impiego in costruzioni civili come invece accade nella Spagna mediterranea, ad esempio nella Lonja di Valencia, realizzata dall'architetto Pere Compte nel XV secolo (Fig.13).

Le volte a crociera con nervature furono impiegate in Sardegna per coprire le chiese o parti di esse e altri locali a esse annessi. Tra questi ricordiamo i chiostri e le sacrestie (Fig.14). Tuttavia il maggior numero di volte è sicuramente quello realizzato per coprire le cappelle delle

Fig.14 - Valencia, La Lonja de la Seda (XV secolo).



Fig. 15 - A destra volte del chiostro annesso alla distrutta chiesa di San Domenico a Cagliari (XV secolo), a sinistra volte della Sacrestia dei Beneficiati nella cattedrale di Santa Maria a Cagliari (XV secolo).



chiese. Le chiese con impianto tardo gotico, che conservano ancora oggi volte di questo tipo, sono presenti in vasta parte dell'isola ad eccezione delle aree della Gallura e del basso Sulcis che, nei secoli in cui si sviluppò questa prassi costruttiva, erano pressoché spopolate. L'uso della volta gotica nervata a crociera semplice o complessa (a formare una

stella con cinque gemme di chiave) è impiegata ovunque indifferentemente per la copertura dei presbiteri, delle cappelle laterali e dell'aula.

Nel gotico catalano la volta a crociera è l'elemento principale adoperato per la copertura dello spazio. Essa viene utilizzata per coprire aree a pianta rettangolare o quadrata ma anche trapezoidale.



Fig.16 - Dettagli degli elementi lavorati che compongono una volta a crociera nervata: a) Busachi, chiesa di Sant'Antonio (XVI secolo), chiave di volta principale; b) Suelli chiesa di San Giorgio (XVI secolo), peduccio e capitello lavorato da cui si dipartono i conci modanati delle nervature della volta e dell'arco di accesso alla capilla mayor; c) Ula Tirso, chiesa di Sant'Andrea (XVII secolo) complesso delle gemme di chiave.

Quando l'area da coprire è di forma poligonale, la volta è composta di una serie di unghie che s'impostano sui lati del poligono e si congiungono in chiave. Esse sono separate da nervatura lavorate che delimitano le diverse parti. Anche in Sardegna i tipi di volte sono simili a quelli su elencati e in pochi casi si discostano dal sistema della volta a crociera. Le volte sarde sono, per la maggior parte, rialzate e hanno archi d'imposta ogivali. Occorre a questo punto ricordare che gli antichi costruttori gotici, in tutta Europa disegnavano le loro costruzioni voltate

secondo la geometria dei cerchi. Il fine ultimo era quello di utilizzare, durante la fase di cantiere, pochi strumenti a supporto della costruzione dell'apparecchiatura statica. Nelle volte gotiche, infatti, a differenza di quelle classiche, si costruivano le nervature e, solo in un secondo momento, si procedeva al riempimento delle parti tra esse comprese.

Gli elementi architettonici che compongono le volte sono costituiti dalle nervature, i peducci, gli archi d'imposta, i conci di chiave, e la volta vera e propria che riempie gli spazi tra le nervature.

Peducci, chiavi e costoloni sono sempre in pietra lavorata. Sui peducci si trovano bassorilievi generalmente raffiguranti elementi fitomorfi o figure di angeli o animali. La loro forma è spesso vicina a quella di una porzione di sfera, ma in alcuni casi sono sostituiti da mensole di vario genere. Dai peducci si dipartono le nervature, e sono rari i casi in cui queste partono dalla muratura verticale senza un elemento sottostante. Le chiavi, che

rappresentano elementi fondamentali nell'apparecchio statico della volta, sono anche utilizzate come elemento decorativo principale della volta. In esse sono spesso scolpite le figure dei santi cui sono dedicate le cappelle per cui è realizzata la volta. Dalle chiavi si dipartono i costoloni lavorati a tori, listelli e gole con profili più o meno elaborati il cui disegno spesso dipende anche dalla lavorabilità del materiale impiegato.

1. Mira, E., Zaragoza Catalán, A., Una arquitectura gótica mediterránea, catálogo exposición, Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura i Educació. Subsecretaria de Promoció Cultural, Valencia, 2003.
2. Dall'introduzione al progetto Gothicmed finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del programma Cultura 2000. <http://www.gothicmed.es/browsable/ca/home.html>
3. Cundari, C., (a cura di) L'architettura di età aragonese nell'Italia centro-meridionale: verso la costituzione di un sistema informativo territoriale documentario e iconografico. Rapporto Conclusivo, vol. 9, Kappa, Roma, 2007.
4. Serra, R., Il Santuario di Bonaria in Cagliari e gli inizi del gotico-catalano in Sardegna, Studi Sardi, XIV-XV, 1955-57, parte II, pp. 333-354.
5. Istituzione del regno di Sardegna 1297, trattato di Anagni 1295.
6. Segni Pulvirenti, F., Sari, A., Architettura tardogotica e d'influsso rinascimentale (Storia dell'Arte in Sardegna), Ilisso, Nuoro, 1994.
7. Zaragoza Catalán, A. Arquitectura gótica valenciana, siglos XIII-XV: monumentos de la comunidad valenciana, catálogo de monumentos y conjuntos declarados e incoados, Tomo 1. Direcció General de Promoció Cultural i Patrimoni Artístic, 2000.
8. Sorgia, G., La Sardegna spagnola, collana di Storia della Sardegna antica e moderna, volume 7, Chiarella, Sassari, 1982.
9. Sartiglia di Oristano, Processione dei Candelieri a Sassari.
10. Casu, P., Note sulla distribuzione dell'architettura tardo-gotica in Sardegna. in Montaldo, G., Casu, P., (a cura di), Architettura Catalana in Sardegna, Nuove Grafiche Puddu, Ortacesus (CA), 2007.
11. Scano, D., Storia dell'arte in Sardegna dal XI al XIV secolo. Montorsi, Cagliari-Sassari, 1907.
12. Delogu, R., L'Architettura del medioevo in Sardegna, La Libreria dello Stato, Roma, 1953.
13. Delogu, R., Studi e Memorie Sulla Storia Dell'architettura Gotica in Sardegna. Studi Sardi I-III, 1949, pp. 562-575.
14. Florensa, A., Il Gotico Catalano in Sardegna. Bollettino Del Centro Di Studi Per La Storia Dell'architettura 17 (1961), pp. 81-116. Florensa, A., La Posizione Del Gotico in Sardegna. In Atti Del XIII Congresso Di Storia Dell'architettura, Sardegna (Cagliari, 6-12 Aprile 1963), 213-223.
15. Serra, R., Le parrocchiali di Assemini, Sestu e Settimo S. Pietro. Note per una storia dell'architettura tardogotica in Sardegna. In Atti del XIII congresso di Storia dell'architettura, Sardegna" (Cagliari, 6-12 Aprile 1963), vol 1, Soc. A.B.E.T.E, Roma, 1966, pp. 225-243.
16. Freddi, M., La chiesetta cagliaritano di Santa Lucia in Castello, Studi Sardi, XVI, 1958-59, Sassari 1960; Freddi, M., Salinas, R., La chiesa di Santa Maria del Monte in Cagliari,; Bollettino Tecnico del circolo culturale ingegneri e architetti sardi, n. 1-2, 1959.
17. Sari, A., Architettura ad Alghero dal XV al XVII secolo, Biblioteca francescana sarda, IV, Oristano, 1990, pp. 175-240; Porcu Gaias, M., Sassari. Storia architettonica e urbanistica dalla origini al '600, Nuoro, Ilisso, 1996; Segni Pulvirenti, F., Sari, A., op.cit.
18. Carbonel, J., Manconi, F., I Catalani in Sardegna, Sylvania Editore, Cinisello Balsamo, 1984; Manconi, F., La Società Sarda in Età Spagnola. Vol. 2. Edizioni Della Torre, 2003.
19. <http://www.gothicmed.es/browsable/images/9d41d8hje4rvakli2ahigigabnbt4c0.jpg>
20. Cirici Pellicer, A., L'Arquitectura Catalana, Editorial Moll, Palma de Mallorca, 1955.
21. Bofill I Fransi, M., L'esglesia catalana gotica de nau unica i la seva actualitat Miscellània litúrgica catalana, 1983, pp. 145-155. <http://www.raco.cat/index.php/Miscellania/article/view/224667/0>
22. Zaragoza Catalán, A.,. Arquitectura gótica valenciana, siglos XIII-XV: monumentos de la comunidad valenciana, catálogo de monumentos y conjuntos declarados e incoados, Tomo 1. Direcció General de

Promoció Cultural i Patrimoni Artístic. Valencia, 2000.

23. Immagine tratta da <http://www.parroquiaempuries.org/files/SANT%20MARTI-5%20001.jpg>

24. Si vedano ad esempio: San Roc a Benassal nell'Alt Maserat della provincia di Castelló; San Vicente Ferre (1610) a Catí nell' Alcatén della provincia di Castelló, Sant'Ana (144-46) a Catí nell' Alcatén della provincia di Castelló, Virgen del Pilar (1625) a Catí nell' Alcatén della provincia di Castelló.

<http://www.ermitascomunidadvalenciana.com>. Queste chiese costruite con caratteri molto simili alle chiese sarde sono spesso di dimensioni contenute e presentano caratteristiche simili per impianto e soluzioni formali della distribuzione degli spazi interni e nella realizzazione delle coperture.

<http://www.cati.es/iglesia.htm>

25. Immagine tratta da [http://4.bp.blogspot.com/-](http://4.bp.blogspot.com/-FKAz1DIZkeU/TpwAkWag5MI/AAAAAAAAAP0k/XWaKY1fDogw/s1600/JULIA%2BFA%25C3%2587ANA.jpg)

[FKAz1DIZkeU/TpwAkWag5MI/AAAAAAAAAP0k/XWaKY1fDogw/s1600/JULIA%2BFA%25C3%2587ANA.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-FKAz1DIZkeU/TpwAkWag5MI/AAAAAAAAAP0k/XWaKY1fDogw/s1600/JULIA%2BFA%25C3%2587ANA.jpg)

26. Immagine tratta da [http://1.bp.blogspot.com/-](http://1.bp.blogspot.com/-LYWPEpz0Gg8/TpwAj4iTD0I/AAAAAAAAAP0M/gK5b3zNGJ6g/s1600/JULIA%2BINTERIOR.jpg)

[LYWPEpz0Gg8/TpwAj4iTD0I/AAAAAAAAAP0M/gK5b3zNGJ6g/s1600/JULIA%2BINTERIOR.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-LYWPEpz0Gg8/TpwAj4iTD0I/AAAAAAAAAP0M/gK5b3zNGJ6g/s1600/JULIA%2BINTERIOR.jpg)

27. Immagine tratta da http://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Montblanc_St_Miquel_Interior.jpg

28. Immagine tratta da http://www.parroquiaempuries.org/files/S.MARTI-5063_0.jpg

29. Cirici Pellicer A. op. cit.

2 DISTRIBUZIONE DELLE CHIESE SARDE CON CARATTERI TARDOGOTICI

2.1 EDIFICI CHE CONSERVANO ANCORA LE VOLTE

2.1.1 Censimento delle volte

Per la comprensione della capillare diffusione dell'architettura tardogotica in Sardegna, è stata necessaria un'accurata ricerca bibliografica che ha permesso di fotografare un quadro complesso d'informazioni storico-architettoniche che andavano collegate agli elementi sul territorio. Punto di partenza sono stati i censimenti realizzati in precedenza, in particolare quello del Florensa¹ del 1961 e la carta redatta nel 2007 che evidenzia i risultati dell'unità locale coordinata da Montaldo² nell'ambito della ricerca PRIN 2004 coordinata da Cundari³. Al fine di avere un quadro completo e una valida base di partenza per percorrere il territorio regionale, sono state prese in considerazione anche altre pubblicazioni, alcune a carattere divulgativo, ma che, se ben utilizzate, sono un ottimo punto di partenza per l'indagine sul territorio. In particolare sono stati di grande utilità lo studio di Arce sulla presenza spagnola in Sardegna⁴ e la guida rossa del Touring⁵ che cita un gran numero di monumenti specificando le caratteristiche sia degli interni sia degli esterni. Altri elementi di carattere generale, su cui si è basata la rete d'informazioni di partenza, sono gli scritti di Angius⁶ sui diversi centri della Sardegna e il dizionario storico di F. C. Casula⁷ che forniscono numerose informazioni sulla datazione degli edifici ancora esistenti sul territorio e sulle chiese scomparse.

Nella ricerca sono state prese in considerazione le città e i centri minori, considerando questi ultimi con particolare attenzione al fine di portare alla luce la capillarità della diffusione della costruzione delle volte gotiche in Sardegna. Per questo motivo, e soprattutto per ottenere

un buon numero di casi confrontabili, la ricerca si è rivolta principalmente alle chiese parrocchiali dei centri minori e in alcuni casi a quelle campestri. Molti di questi edifici, infatti, non trovano che poco spazio nella letteratura specifica che ha dedicato, giustamente, maggiore attenzione agli esempi più completi. Esistono poi casi singolari di scarsa coscienza storica riscontrabile anche nella popolazione dei centri in cui si trovano tali edifici. Durante la ricognizione è stato singolare il caso di Uta la cui parrocchiale, dedicata a Santa Giusta e risalente al XVI secolo viene chiamata la *chiesa nuova* perché sul territorio è presente la ben più antica e studiata chiesa di Santa Maria del XIII secolo.

Prima di procedere alla verifica sul campo, è stato stilato un elenco che ha preso in considerazione i dati ottenuti dalla letteratura e i dati visivi ricavabili on line. La ricerca via web si è sviluppata secondo due canali paralleli. Innanzitutto tramite i siti istituzionali. Quelli dei comuni spesso hanno una sezione che riguarda i monumenti presenti sul territorio. I siti delle diocesi forniscono l'elenco delle chiese parrocchiali e delle chiese secondarie di pertinenza delle diverse parrocchie. In essi, spesso, sono indicate date raccolte dai libri parrocchiali e sono presenti immagini delle facciate e, meno frequentemente, degli interni.

In secondo luogo si è realizzata una ricerca avanzata con gli strumenti di Google per la ricerca delle immagini. Inoltre, specie tramite siti come Panoramio⁸ e Flickr⁹, in cui sono visibili un gran numero d'immagini rese disponibili dagli utenti della rete, è stato possibile avere un primo riscontro visivo sulle chiese che presentano caratteri gotici. Quest'ultima ricerca ha fornito spesso risultati inaspettati. Infatti, non solo sono

disponibili immagini degli esterni, ma spesso è possibile osservare numerosi scatti degli interni. Utile è stato anche il sistema di Google Street View¹⁰ che consente la visione a quota terreno delle vie dei centri abitati. Tuttavia non sempre esso fornisce immagini utili, perché gli edifici sono generalmente prospicienti piazze alberate o affacciati su vicoli stretti e in pendenza che non consentono una ripresa fotografica nitida e quindi una disponibilità on-line d'immagini significative.

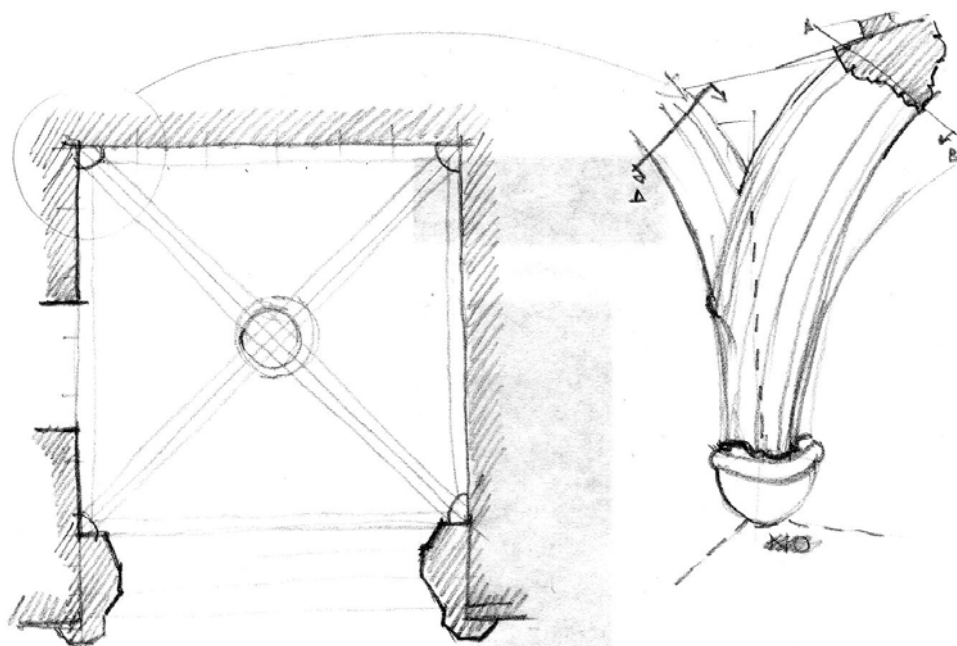
Il quadro così raccolto ha permesso di individuare una serie di edifici con caratteri tardogotici. Tali caratteri sono stati individuati, innanzitutto, nelle indicazioni

di datazione combinate agli elementi visibili e in particolare il portale, il terminale, il campanile e la struttura volumetrica. Quest'ultima è particolarmente apprezzabile, ad esempio, nelle foto satellitari e specialmente in quelle inclinate su Google Earth¹¹ e Bing maps¹².

Sulla base dei dati raccolti in letteratura e tramite i supporti visivi su indicati, è stato redatto un primo database. Il passo successivo è stato quindi quello del sopralluogo puntuale per la verifica degli interni. Nel verificare le località non sempre è stato possibile accedere agli interni e verificare la presenza di volte nervate. In alcuni casi si è sopperito a tale lacuna

Fig.1 - Schizzi di studio.

-ISSEMNI S. Pietro Cappella laterale sinistra (1)
Pianta approssimativamente quadrata



SEZ. DEL NERVO PRINCIPALE



SEZ
DELL'ARCO



utilizzando i dati disponibili sulla letteratura e sul web, ricavati dalle fonti sopra elencate e da altre quali Sardegna Cultura¹³ e Wikipedia¹⁴. Per quest'ultima si sono considerate solo le immagini le cui voci correlate fossero corredate da fonti attendibili (come la stessa politica del sito richiede a chi inserisce una voce). Sono stati censiti e verificati tramite sopralluogo un gran numero di edifici, dove non sempre è stato possibile scattare immagini di qualità sufficiente a essere riprodotte.

Il sopralluogo è stato portato avanti con pochi strumenti: una fotocamera, un taccuino e una matita. E' stato così possibile schematizzare le piante e le volumetrie degli edifici, documentare graficamente gli aspetti decorativi, e indicare i punti di presa fotografica. Generalmente nella documentazione fotografica sono stati previsti una serie di scatti per la documentazione degli esterni che raccogliessero le informazioni visive su tutti i lati visibili dell'edificio, quindi una serie di scatti d'insieme degli interni che dessero idea della scansione interna dello spazio, e

infine scatti di dettaglio, soffermandosi in particolare sugli elementi di carattere tardogotico: coperture voltate, dettagli delle chiavi, delle modanature, dei peducci e degli archi d'accesso alle cappelle.

Come detto in precedenza, l'elemento cui fare riferimento per iniziare a redigere una carta della distribuzione delle volte tardogotiche sarde è sicuramente il primo censimento sulla distribuzione dell'architettura gotico catalana nell'isola redatto dal Florensa¹⁵. Esso indicava un certo numero di comuni in cui sono presenti edifici tardogotici senza, però, specificare le caratteristiche oggettive prese in considerazione per redigerla. Effettivamente i siti menzionati conservano edifici (specialmente chiese) che in tutto o in parte hanno elementi tardogotici. Ma questi possono essere individuati in un singolo elemento architettonico o nell'intero insieme. Esso rappresenta il primo punto da cui partire per stabilire dei percorsi territoriali d'indagine.

Sulla falsa riga della carta del Florensa è stata preparata la carta del 2007¹⁶. Essa è comprensiva della distribuzione degli edi-

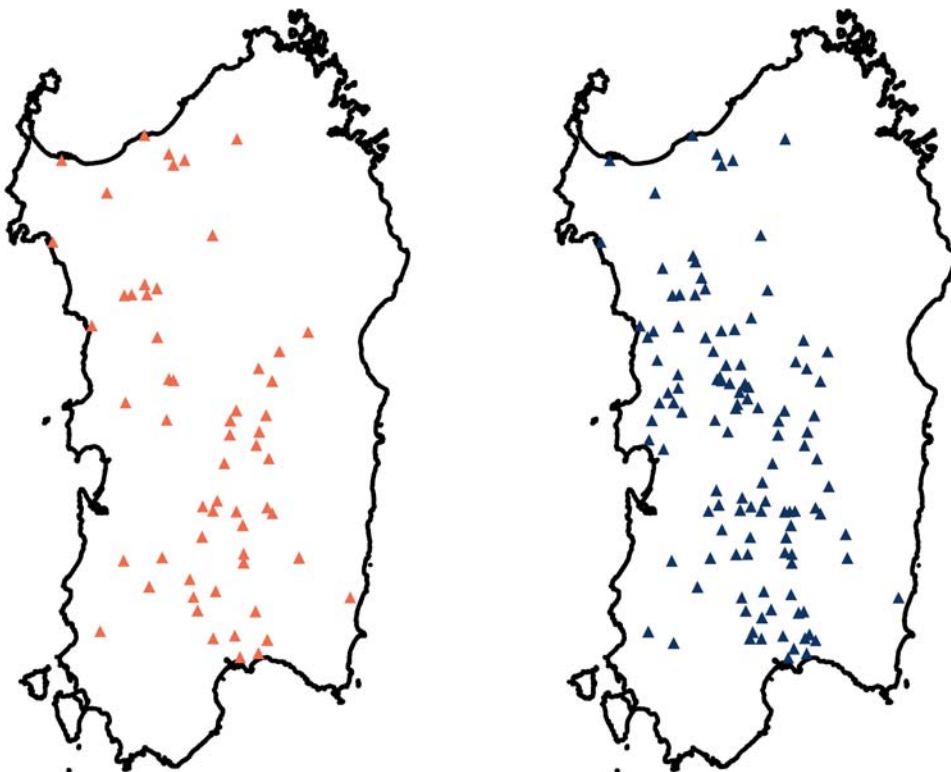


Fig.2 - Censimenti: a destra il censimento del Florensa, a sinistra i risultati del censimento PRIN 2004.

fici a carattere religioso e quelli a destinazione civile. Studi successivi hanno consentito di apportare nuove modifiche e integrare i dati già raccolti evidenziando un quadro articolato che merita ulteriori approfondimenti. Lo studio qui presentato ha integrato ulteriormente e razionalizzato questi dati. Ovviamente esso è concentrato specificamente sugli edifici religiosi. Al fine di definire quali di essi annoverare nel censimento sono state fatte alcune considerazioni sull'arco temporale, sull'ambito territoriale e sugli elementi architettonici caratterizzanti da prendere in considerazione.

Di fatto l'arco temporale ha un inizio ascrivibile all'arrivo degli aragonesi in Sardegna nel 1324¹⁷ mentre è più difficile stabilire il momento conclusivo, infatti, la commistione tra gli stili è tale da spostare molto avanti il momento in cui il modo tardo gotico è stato abbandonato. L'arco temporale definitivo è stato quindi ricavato come un dato derivato dalle informazioni bibliografiche raccolte e dalla ricognizione. Si è potuta così riscontrare una diffusione temporale degli stili gotico catalani che abbraccia un arco di tre secoli e mezzo, fondendosi ai caratteri del Rinascimento e arrivando a lambire il periodo Barocco¹⁸.

Per la definizione degli ambiti territoriali, che ha permesso di razionalizzare la raccolta dei dati e la ricognizione sul territorio, si sono prese in considerazione le regioni geografiche storiche della Sardegna come indicate in Fig.3 rielaborata dalla tav. 47 dell'Atlante della Sardegna¹⁹. I territori sardi, infatti, conservano spesso le denominazioni delle antiche curatorie, distretti amministrativi dell'epoca giudicale che furono in certa misura mantenuti come indicazioni geografiche anche in periodo aragonese e spagnolo²⁰. In periodo spagnolo esse avevano perduto le funzioni amministrative e il territorio era suddiviso in *baronie ed encontrade*. L'assetto territoriale sardo dell'epoca di edificazione delle volte è quindi indipendente dall'attuale suddivisione in

province che racchiudono territori ben più ampi. E' stato quindi importante tener presente tali differenze, in modo da avere anche una base storico-territoriale su cui riversare i risultati del censimento. Per quanto riguarda l'assetto territoriale delle *baronie ed encontrade* si è fatto riferimento alla fotografia di un momento specifico, l'anno 1627 quando Filippo II di Spagna ordinò un censimento dei fuochi²¹. Infatti, la variazione dell'estensione delle diverse aree era vincolata alle cessioni e compravendite tra feudatari cosicché non esiste un assetto statico dei diversi territori.

Gli elementi architettonici presi in considerazione nell'individuazione delle chiese tardogotiche sono quelli descritti nel capitolo 1 e si riportano in Fig.4 alcuni esempi.

Obiettivo del censimento è stato quello di individuare gli edifici in cui sono ancora presenti volte nervate tardogotiche. Come già ricordato nel precedente capitolo, non esistono volte nervate all'interno di edifici destinati all'uso civile. Nella ricerca sono state quindi prese in considerazione le volte delle chiese. Le volte di questo tipo sono diffuse su tutto il territorio isolano secondo diverse declinazioni di soluzioni formali e impiegate in vari modi all'interno della fabbrica. Anche se numerose, sono state tralasciate le volte dei chiostri, delle sacrestie e di altri locali annessi non riconducibili direttamente alla fabbrica della chiesa. Anche se non saranno prese in considerazione nelle analisi dimensionali e nei confronti, prima di procedere oltre, è doveroso soffermarsi su questi esempi di coperture voltate, al fine di mettere in luce le principali caratteristiche. Innanzitutto i chiostri coperti con volte a crociera tardo gotica: sono due e si trovano a Cagliari. Uno è il chiostro di San Domenico l'altro è quello di San Francesco. Il primo si conserva ancora in buone condizioni, anche se l'annessa chiesa fu distrutta dai bombardamenti che colpirono la città nel 1943 durante la seconda guerra mondiale.

Fig.3 - Nomi geografici delle aree della Sardegna.

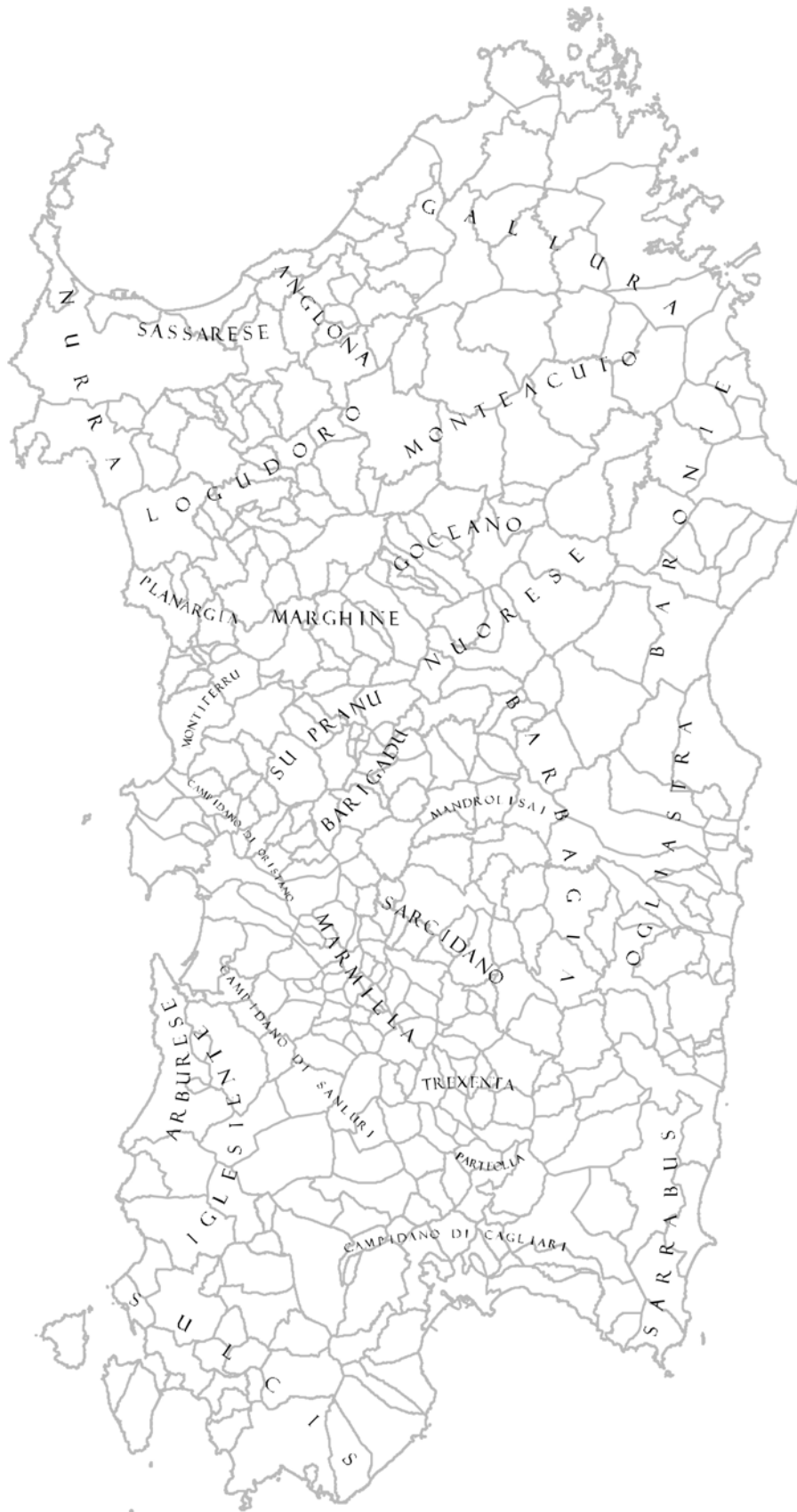


Fig.5 - Esempi di elementi tardogotici caratterizzanti gli edifici religiosi. Da sinistra a destra, facciate: Atzara (NU) Sant'Antioco XVI secolo, Monastir (CA) San Pietro XVI secolo, Pozzomaggiore (SS) San Giorgio XVI secolo; portali: Samassi (VS) Beata Vergine del Monserrato XVI secolo, Orroli (CA) San Vincenzo martire XVI secolo, Portotorres (SS) San Gavino XV secolo (il portale); capilla mayor: Alghero (SS) San Francesco XIV-XVI secolo, Serri (CA) San Basilio XVI secolo, Fonni (NU) San Giovanni Battista XVII secolo; cappelle laterali: Monastir (CA) San Pietro XVI secolo, Uta (CA) Santa Giusta XVI secolo, Elmas (CA) San Sebastiano XV secolo; copertura aula: Villamar (VS) San Giovanni Battista XVI secolo, Fonni (NU) San Giovanni Battista XVII secolo, Sassari San Francesco XVI secolo.



Il secondo versa invece in condizioni di degrado avendo perso la sua funzione già alla fine del XIX secolo quando la chiesa fu demolita per motivi statici²². Molte delle strutture del chiostro e le cappelle della chiesa sono oggi inglobate in edifici costruiti successivamente. Sia per il chio-

stro di San Domenico che per quello di San Francesco le volte sono costruite in successione. Nel chiostro di San Domenico gli archi d'imposta delle volte sono semicircolari, mentre in quello di San Francesco le soluzioni d'imposta delle volte sono miste. Si possono osservare,

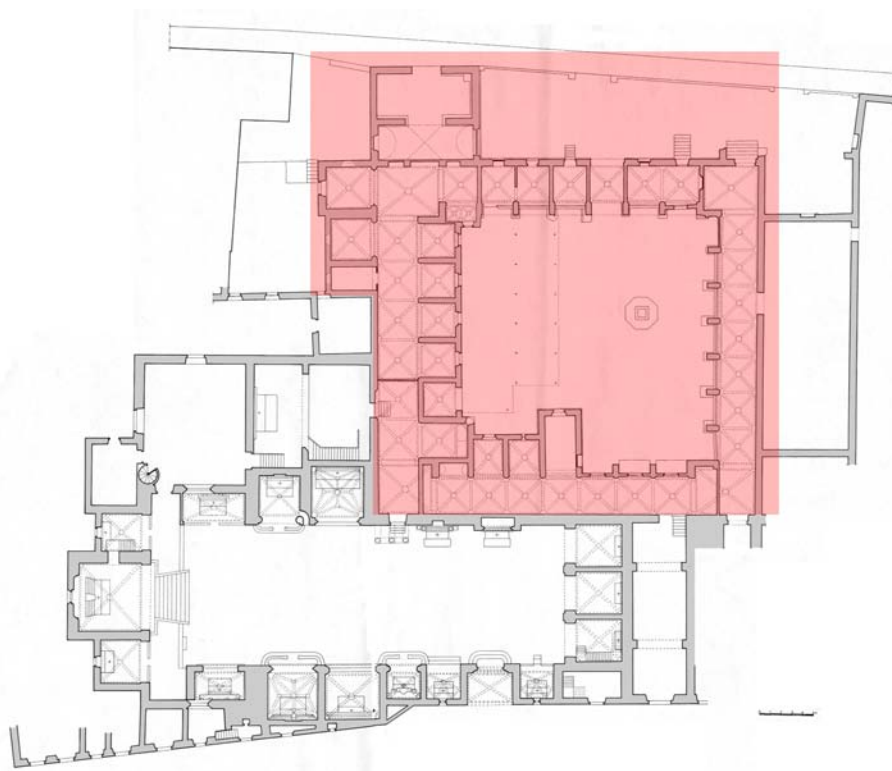
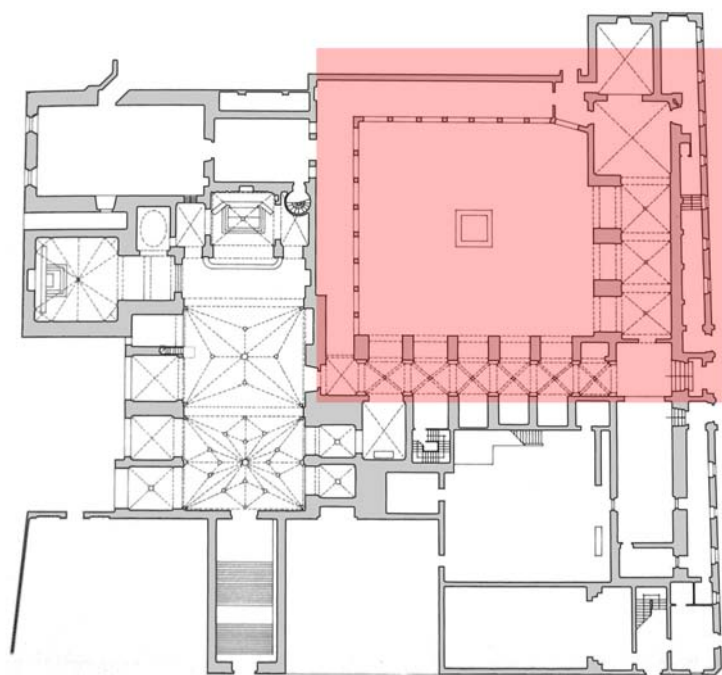


Fig.6 - In alto pianta della chiesa e del chiostro di San Francesco (XVI secolo) nel quartiere Stampace a Cagliari; in basso pianta della chiesa e del chiostro di San Domenico (XV secolo) nel quartiere Villanova a Cagliari. In rosso sono evidenziate le parti ancora esitanti.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

infatti, archi a tutto sesto, archi polivalenti ribassati, e archi a sesto acuto. In secondo luogo, sono significative anche le volte delle sagrestie e dei locali annessi. Degne di nota sono le volte della sacrestia dei Beneficiari nella cattedrale di Santa Maria a Cagliari, anche queste realizzate

in successione senza però archi diaframma tra una volta e l'altra. Molto simili a queste sono le volte della cosiddetta stanza del tesoro sempre nei locali annessi alla cattedrale che si trovano al livello superiore in corrispondenza planimetrica della sacrestia. Ma le sacrestie venivano realiz-

Fig.7 - A destra, volta della sacrestia della chiesa di San Giacomo (XIV-XVI secolo) a Cagliari. A sinistra, volte della cosiddetta "Stanza del tesoro" (XV secolo) nei locali annessi alla cattedrale di Cagliari.



zate anche nelle chiese parrocchiali più piccole e alcune di esse conservano ancora la volta a crociera (Fig.7).

Ritornando alla raccolta dei dati per la redazione del censimento, un punto è stato cruciale nella determinazione degli edifici da prendere in considerazione, e cioè la possibilità di accertare visivamente l'effettiva presenza delle volte. Per questo nel conteggio finale non sono stati considerati gli edifici in cui non è stato possibile accedere per verificare la presenza delle volte, sebbene testi descrivano la loro presenza all'interno senza però riportare delle immagini. Inoltre non sono stati presi in considerazione, nel conteggio finale delle volte, quegli edifici in cui esistono tracce di copertura voltata ma di cui non rimane evidenza, se non in piccoli dettagli che non contribuiscono più alla definizione volumetrica tipica della volta a crociera con nervature lavorate e gemma pendula.

Esistono, infatti, degli edifici in cui l'antica presenza delle volte è ben leggibile, ma esse hanno perduto, in alcuni casi, le nervature e/o sono state consolidate con pesanti interventi che ne hanno alterato la conformazione. E' questo ad esempio il caso delle cappelle laterali della chiesa di san Nicola a Muravera, che tuttavia conserva ancora integra la volta del presbiterio; del presbiterio della chiesa di San Bachisio a Bolotana, in cui la volta è stata sfondata per ricavare un'abside con maggiore altezza e tuttavia i conci d'imposta (tas-de-charge) della volta sono ancora visibili seppure intonacati (Fig.8).

Infine si hanno notizie di edifici costruiti in stile tardogotico che nel corso dei secoli sono stati modificati o sostituiti e non è più possibile sapere se in essi vi fossero effettivamente delle volte con le caratteristiche di quelle censite. Gli interventi che modificarono maggiormente l'impianto e le cappelle si ebbero spesso nel XIX secolo. Si legge spesso di chiese che, in questo periodo, per motivi di sicurezza (cedimenti delle volte o delle coperture), vengono riprogettate secondo canoni più moderni. Un esempio indicativo in questo senso è la chiesa parrocchiale di Ghilarza che pur profondamente trasformata mostra ancora qualche traccia dell'impianto gotico (visibile in una vecchia foto di metà '800). Essa fu riprogettata dall'architetto Vargiu nel 1876 che per economia dei lavori, non realizzò ex novo un edificio di stile neoclassico, come invece fece il suo professore G. Cima a Guasila dove sostituì per intero la fabbrica tardogotica conservando solo il campanile. Il Vargiu riadattò l'edificio gotico consolidando le volte delle cappelle laterali e modificando profondamente il presbiterio e l'aula in modo da dare un respiro classico a una fabbrica del XVI secolo²⁴.

Invece, nel conteggio finale sono state incluse tre chiese oggi distrutte di cui però rimangono immagini fotografiche e disegni che testimoniano senza dubbio l'esistenza delle volte e ne evidenziano la forma e la collocazione nella fabbrica.

La raccolta dati è quindi, a meno dei tre edifici su menzionati, una fotografia dello stato attuale della diffusione delle volte



Fig. 8 - A sinistra Muravera, San Nicola (XV secolo) cappella laterale consolidata a fine '800 eliminando parte delle nervature. A destra, Bolotana, San Bachisio (XVI secolo): della volta rimangono solo i conci d'avvio delle nervature diagonali.

tardogotiche in Sardegna, che tuttavia si avvicina notevolmente a quella che doveva essere la situazione quando queste venivano edificate.

2.1.2 Predisposizione della cartografia di base per il G.I.S.

Affinché i dati raccolti potessero fornire le informazioni in modo immediato, sono stati organizzati in un database collegato alla cartografia così da ottenere un GIS funzionale a trarre le considerazioni che saranno illustrate di seguito nel testo. Principio di base perché il censimento avesse una comprensione immediata, era quello di procedere con la strutturazione del sistema database-carte tale da ottenere delle carte tematiche specifiche su diversi aspetti. Si sono quindi dapprima acquisite o create le carte da connettere al database. Parte della cartografia di base è accessibile sul sito Sardegna Geoportale²⁵ da cui è possibile scaricare in formato .shp numerosi tematismi relativi al territorio regionale. In particolare sono stati presi in considerazione degli elementi di base su cui sono state integrate numerose nuove informazioni. Questi in breve sono: limiti amministrativi regionali, limiti amministrativi provinciali L.R. 10/03, limiti amministrativi comunali, centri urbani. Oltre a questi dati cartografici di carattere

generale sono stati acquisiti i dati della carta geologica, e quelli concernenti l'attività estrattive²⁶. Questi ultimi dati sono stati necessari nella definizione delle relazioni tra materiale da costruzione impiegato e territorio. Di particolare utilità sono i dati sulle cave storiche e dismesse presenti nei singoli territori provinciali.

Tuttavia, i dati cartografici pubblici, accessibili tramite i siti istituzionali, rappresentano solo il sistema base su cui inserire informazioni di tipo nuovo non annoverabili tra quelle predisposte dalla regione. Oltre a dati raccolti ex novo ed elaborati in nuovi file da sovrapporre in layer, che sono andati a costituire le informazioni visive sintesi della ricerca, è stato necessario digitalizzare dati pubblicati su supporto cartaceo a corredo di studi storico-geografici. In particolare le informazioni sull'assetto storico del territorio. Per questo lavoro i dati di partenza sono stati ricavati dalle carte storiche dell'Atlante della Sardegna²⁷ in cui sono sintetizzate le suddivisioni amministrative come dovevano essere all'epoca dell'edificazione delle chiese oggetto di studio. In particolare la suddivisione in baronie, encontrade e città regie²⁸. In questo caso la carta riproduce un momento specifico e non un arco di tempo esteso, in virtù del

fatto che le proprietà venivano spostate da un feudo all'altro a seguito di compravendita. La digitalizzazione di tale carta ha posto un problema di delimitazione del territorio difficile da visualizzare correttamente utilizzando i confini amministrativi attuali. In ogni caso un dato del genere può essere interessante specie per determinare in quali aree feudali era più attiva l'opera dei costruttori. Infatti, molte delle chiese o delle cappelle erano realizzate usufruendo di lasciti e donazioni da parte di nobili. E' frequente riconoscere nei capitelli scolpiti degli archi d'accesso alle cappelle laterali delle chiese stemmi e date che indicano con precisione committenza e anno di realizzazione della volta che le copre. Altro elemento importante è la suddivisione in diocesi. Ricavata dalla carta elaborata da Turtas²⁹, essa mostra la suddivisione del territorio tra le diverse diocesi dell'età moderna. In questo modo è possibile collegare la costruzione della chiese all'amministrazione della diocesi.

2.1.3 Strutturazione del database e delle schede.

La raccolta dati ha prodotto un gran numero di schede e d'immagini. Le schede cartacee sono state registrate come record in un database di Access (Fig.9). Tutte le immagini sono state organizzate in un catalogo suddiviso per provincia e località (Fig.10).

Il database è stato popolato inserendo un record per ogni chiesa individuata. Innanzitutto una corrispondenza uno a molti ha messo in relazione i centri abitati con gli edifici d'interesse in essi presenti. Come già detto sono stati schedati tutti gli edifici religiosi che presentano conservate in tutto o in parte le caratteristiche del tardogotico sardo. In particolare quelli che contengono volte conservate in tutte le loro parti. Si è così potuto distinguere tra edifici che hanno subito modifiche da quelli che seppure avendo attraversato trasformazioni hanno conservato le originarie coperture gotiche. I caratteri gotici presi in considerazione vanno dal tipo d'impianto alla presenza di particolari decorazioni, al permanere della sola facciata o di una singola cappella all'interno di una fabbrica modificata successivamente.

Questa prima tabella sottoposta a query ha permesso di estrapolare i soli edifici che conservano le volte. I dati della query sono stati convertiti in tabella e arricchiti di ulteriori informazioni riguardanti il numero di volte per ciascun edificio, la datazione, le caratteristiche tardo gotiche conservate quali ad esempio l'impianto, la *capilla mayor*, le cappelle laterali, la facciata e in che misura tali elementi sono conservati.

Per quanto riguarda le volte si sono fatte innanzitutto delle considerazioni sulla

Fig.9 - Schermata del database.

codi	luogo	provinci	dest	denominazione	tipologia	secolo	verificato inte	verificato est	note descritt	volte croce san
a1001	ALBAGIARA	OR	parrocchiale	San Sebastiano	chiesa	XVII	/	/		
a2022	ALBAGIARA	OR	parrocchiale	San Sebastiano	chiesa	XVII	S			
a0302	ALBAGIARA	OR	parrocchiale	San Sebastiano	mononavata con cappelle	conservato				
a0502	ALGHERO	SS	cattedrale	Santa Maria		XVI	S+P		arenaria	cave sulla litor
a0310	ALGHERO	SS	chiesa e conve	San Francesco		XIV	S+ST+P		arenaria	cave sulla litor
a0401	ALLAI	OR	parrocchiale	Spirito Santo		XVI	S		vulcanite	
a0502	ARDAULI	OR	parrocchiale	Beata Vergine del Buon Cammino		XVII	S		vulcanite	
a0601	ARIZZO	NU	chiesa	San'Antonio		XVI	S		metarenarie e fi	
a0602	ARIZZO	NU	parrocchiale	San Michele Arcangelo		XVII	S		metarenarie e fi	
a0701	ASSEMINEI	CA	parrocchiale	San Pietro		XVI	S+ST		calcare di cagli	
a0803	ATZARA	NU	parrocchiale	San'Antonio		XVI	S		vulcanite	
a1101	AUSTIS	NU	parrocchiale	Maria Vergine Assunta		XVI	S		metarenarie e fi	
b0101	BARUMINI	VS	parrocchiale	Beata Vergine Immacolata		XVI	S		basalto	
b0401	BENETUTTI	SS	parrocchiale	San'Elena		S			vulcanite	
b1501	BESSUDE	SS	parrocchiale	San Martino		S			calcare	
b0601	BONNO	SS	parrocchiale	San Michele Arcangelo		XVI	S+ST		metarenaria	
b0701	BONORVA	SS	parrocchiale	Natività di Maria - parrocchiale		XVI	S		vulcanite	
b1301	BUSACHI	OR	chiesa conve	San Domenico		XVI	S		vulcanite	

forma. Essa è stata registrata secondo tre maxi categorie che si possono così distinguere: volte a crociera semplice su pianta quadrangolare, volte a crociera stellare su pianta quadrangolare, volte poligonali su pianta poligonale o quadrangolare. Per ciascuna volta sono poi state registrate in nota, le particolarità specifiche relative alla conformazione della proiezione in pianta delle nervature e delle chiavi e altre informazioni utili alla loro descrizione. Per ciascun edificio è stato poi indicato il tipo di materiale impiegato nella costruzione delle volte, quando visibile, altrimenti è stato indicato il tipo di finitura superficiale che le ricopre. Per ciascuna delle volte si è poi indicata l'ubicazione all'interno della fabbrica, ossia se si tratta di una copertura dell'aula, del presbitero o delle cappelle laterali. Infine sono state annotate le condizioni generali dell'apparecchio voltato e in particolare lo stato di conservazione. In questo modo il database risulta strutturato e interrogabile su tre livelli differenti di scala: si può, infatti, procedere all'interrogazione in relazione al centro abitato, in base all'edificio e in base alla singola volta.

A sintesi del lavoro sono state redatte delle schede sintetiche che contengono le

informazioni principali relative agli edifici contenenti le volte nervate. Il catalogo di queste schede sintetiche è proposto interamente al termine del capitolo.

2.1.4 G.I.S. delle volte: creazione dei tematismi.

Il database è stato collegato alla cartografia utilizzando AutoCAD Map 3D (Fig.11). Nello specifico sono stati creati dei link tra i record delle chiese e i punti sul disegno in corrispondenza dei centri abitati. In questo modo, combinando i dati sulle volte, è stato possibile elaborare le carte tematiche. Tuttavia i tematismi proposti sono solo alcuni delle possibili combinazioni di dati, e in particolare quelli che hanno un significato grafico immediato. Altre interrogazioni visualizzabili sono meno immediate ma funzionali a evidenziare alcune caratteristiche delle volte che saranno poi descritte in seguito. Sempre alla ricerca di rappresentazioni grafiche d'immediato impatto, i dati del database sono stati trasferiti sul software Gephi³⁰ (Graph Visualization and Manipulation Software) che permette di trasformare i dati dei singoli record in nodi di un sistema di visualizzazione che mette in evidenza le relazioni tra i nodi

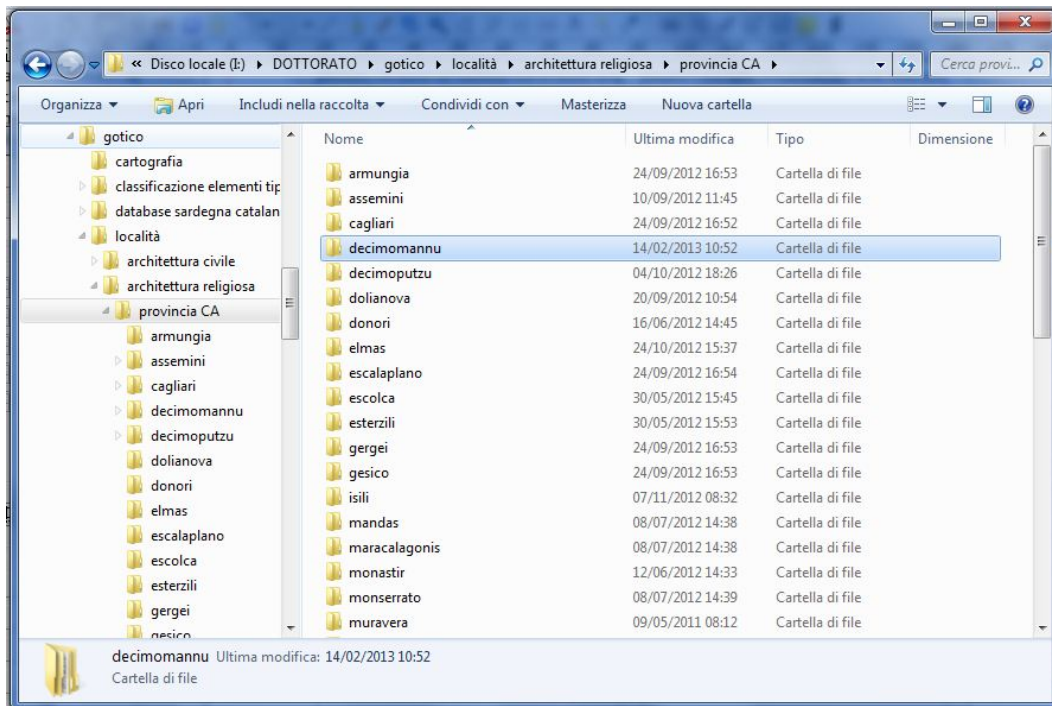


Fig.10 - Catalogo delle immagini fotografiche.

Fig.11 - Schermata di AutoCAD Map 3D con file in corso di elaborazione.

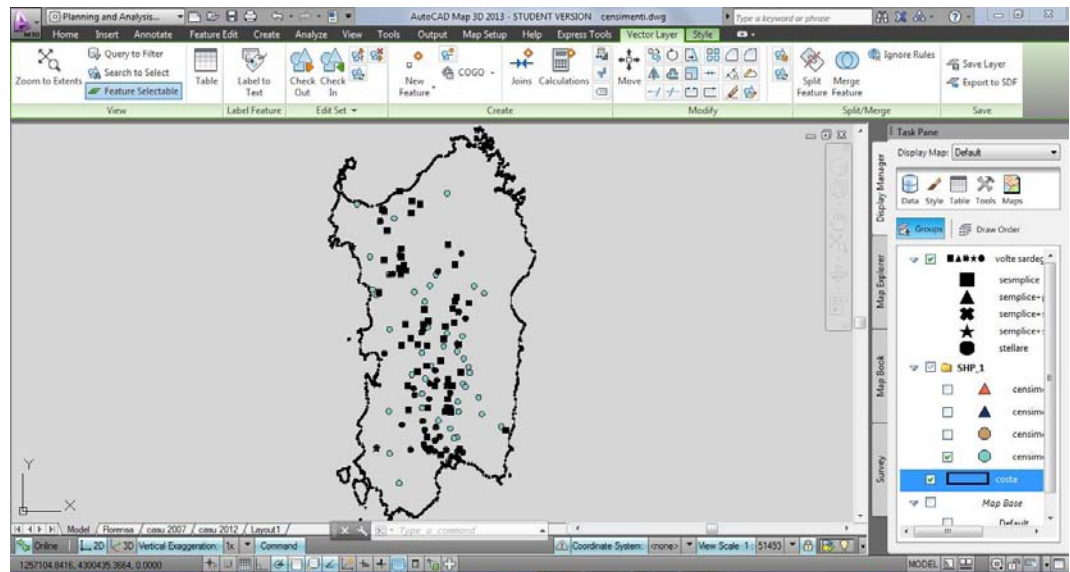
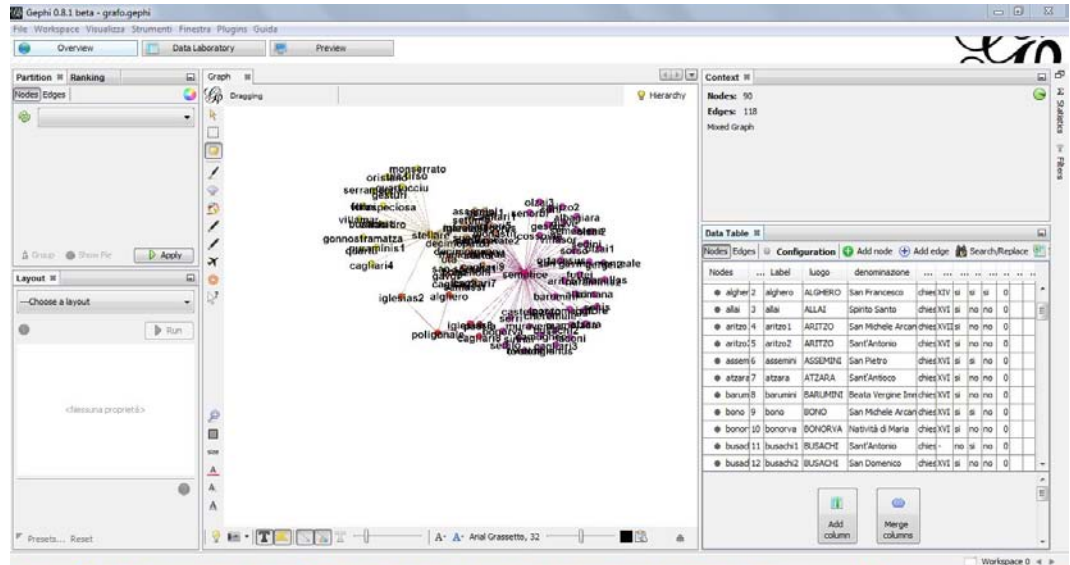


Fig.12 - Schermata di Gephi con file in corso di elaborazione.



tramite connessioni fisiche (Fig.12).

La carta di sintesi sul censimento delle volte è quella in Fig.13 che evidenzia, innanzitutto, i centri urbani in cui sono state individuate chiese con caratteri tardo gotici e poi in quanti di questi sono presenti volte nervate. La simbologia varia secondo il tipo di volte individuate in ciascun centro. Essendo una carta a scala regionale non è possibile apprezzare i dati in modo separato per edifici presenti nel medesimo centro urbano. Al fine di rendere chiare le informazioni su ciascun edificio si riporta una carta con il numero di edifici con volte per centro abitato (Fig.14). Mentre più avanti nel testo saranno elencati tutti gli edifici.

2.2 RISULTATI DEL CENSIMENTO

La chiese che contengono volte tardo gotiche sono in totale 120 diffuse su un totale di 92 centri abitati. Si riportano di seguito delle tabelle che riassumono il numero di centri in cui si trovano chiese con caratteri tardo gotici, il totale degli edifici, il numero di essi che contiene almeno una volta a crociera nervata con gemme pendule e peducci lavorati. È specificato il nome delle chiese di cui non è stato possibile visitare l'interno e che, secondo la letteratura, hanno struttura gotica. Esse non sono state inserite nel conteggio perché non è stato possibile verificare la presenza delle volte.

CAGLIARI	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Cagliari	37
Totale chiese gotiche in provincia di Cagliari	55
Totale chiese gotiche con volte nervate in provincia di Cagliari	44
Non è stato possibile verificare gli interni delle seguenti chiese che all'esterno o per indicazione in letteratura presentano caratteri riconducibili al tardogotico:	
Comune	Chiesa
Dolianova	San Biagio
Escolca	Santa Cecilia
Escolca	Nostra Signora delle Grazie
Esterzili	San Michele
Orroli	San Vincenzo Martire
San Basilio	San Pietro
San Vito	San Vito
Siliqua	Sant'Anna
Siurgus Donigala	Santa Maria

CARBONIA-IGLESIAS	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Carbonia-Iglesias	2
Totale chiese gotiche in provincia di Carbonia-Iglesias	4
Totale chiese gotiche con volte nervate in provincia di Carbonia-Iglesias	3
Non è stato possibile verificare gli interni delle seguenti chiese che all'esterno o per indicazione in letteratura presentano caratteri riconducibili al tardogotico:	
Comune	Chiesa
Santadi	San Nicolò

NUORO	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Nuoro	19
Totale chiese gotiche in provincia di Nuoro	22
Totale chiese gotiche con volte nervate in provincia di Nuoro	14
Non è stato possibile verificare gli interni delle seguenti chiese che all'esterno o per indicazione in letteratura presentano caratteri riconducibili al tardogotico:	
Comune	Chiesa
Belvì	Sant'Agostino
Gadoni	Beata Vergine Assunta
Noragugume	Vergine d'Itria

VILLACIDRO-SANLURI	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Villacidro-Sanluri	14
Totale chiese gotiche in provincia di Villacidro-Sanluri	16
Totale chiese gotiche con volte nervate in provincia di Villacidro-Sanluri	10
Non è stato possibile verificare gli interni delle seguenti chiese che all'esterno o per indicazione in letteratura presentano caratteri riconducibili al tardogotico:	
Comune	Chiesa
Genuri	Natività di Maria Vergine
Serramanna	Sant'Angelo

OGLIASTRA	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Ogliastra	0
ORISTANO	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Oristano	19
Totale chiese gotiche in provincia di Oristano	22
Totale chiese gotiche con volte nervate in provincia di Oristano	19
Non è stato possibile verificare gli interni delle seguenti chiese che all'esterno o per indicazione in letteratura presentano caratteri riconducibili al tardogotico:	
Comune	Chiesa
Ales (Zeppara)	San Simeone
Bosa	Sant'Antonio
Milis	San Sebastiano
Nureci	Santa Barbara
Ruinias	San Giorgio Martire
OLBIA-TEMPPIO	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Olbia-Tempio	1
Totale chiese gotiche in provincia di Olbia-Tempio	1
Totale chiese gotiche con volte nervate in provincia di Olbia-Tempio	0
SASSARI	
Totale comuni con chiese gotiche in provincia di Sassari	25
Totale chiese gotiche in provincia di Sassari	33
Totale chiese gotiche con volte nervate in provincia di Sassari	30

I risultati di questo conteggio sono meglio evidenziati graficamente nella carta di Fig.13. Si può immediatamente notare che, tra tutti i centri con chiese tardogotiche individuati, solo un certo numero conserva ancora edifici con coperture voltate. E' probabile che alcuni degli altri avessero in origine qualche volta che è stata poi eliminata.

Il censimento ha permesso di individuare le seguenti particolarità concernenti la diffusione e l'impiego delle volte tardo gotiche nelle chiese sarde. Innanzitutto la diffusione delle chiese che ancora oggi conservano volte con i caratteri tardo gotici. Esse si trovano nella fascia centrale dell'isola che va da Cagliari a Sassari lungo i Campidani e le aree collinari della Trexenta, della Marmilla per arrivare a nord nell'area del Logudoro. Le aree del Sulcis, dell'Ogliastra e della Gallura non sono interessate dal fenomeno. I motivi

possono essere tanti. Tra questi è sicuramente da ascrivere la scarsa densità di popolazione in quelle aree nel periodo in cui fu realizzato il maggior numero delle volte oggetto di studio.

Attualmente le volte tardogotiche si trovano, per la maggior parte, all'interno di edifici che, per impianto e caratteristiche, sono riconducibili alla chiesa tardo gotica sarda. Tuttavia non mancano casi particolari in cui esse s'inseriscono in fabbriche di tipo diverso. Si sono riscontrati i seguenti casi ricorrenti:

- il caso dell'ampliamento di un impianto più antico in cui sono state introdotte le coperture voltate e altre caratteristiche tardogotiche;
- il caso di chiese edificate ex novo in periodo tardogotico e che conservano senza forti alterazioni l'impronta architettonica del periodo;
- il caso di chiese che furono realizzate

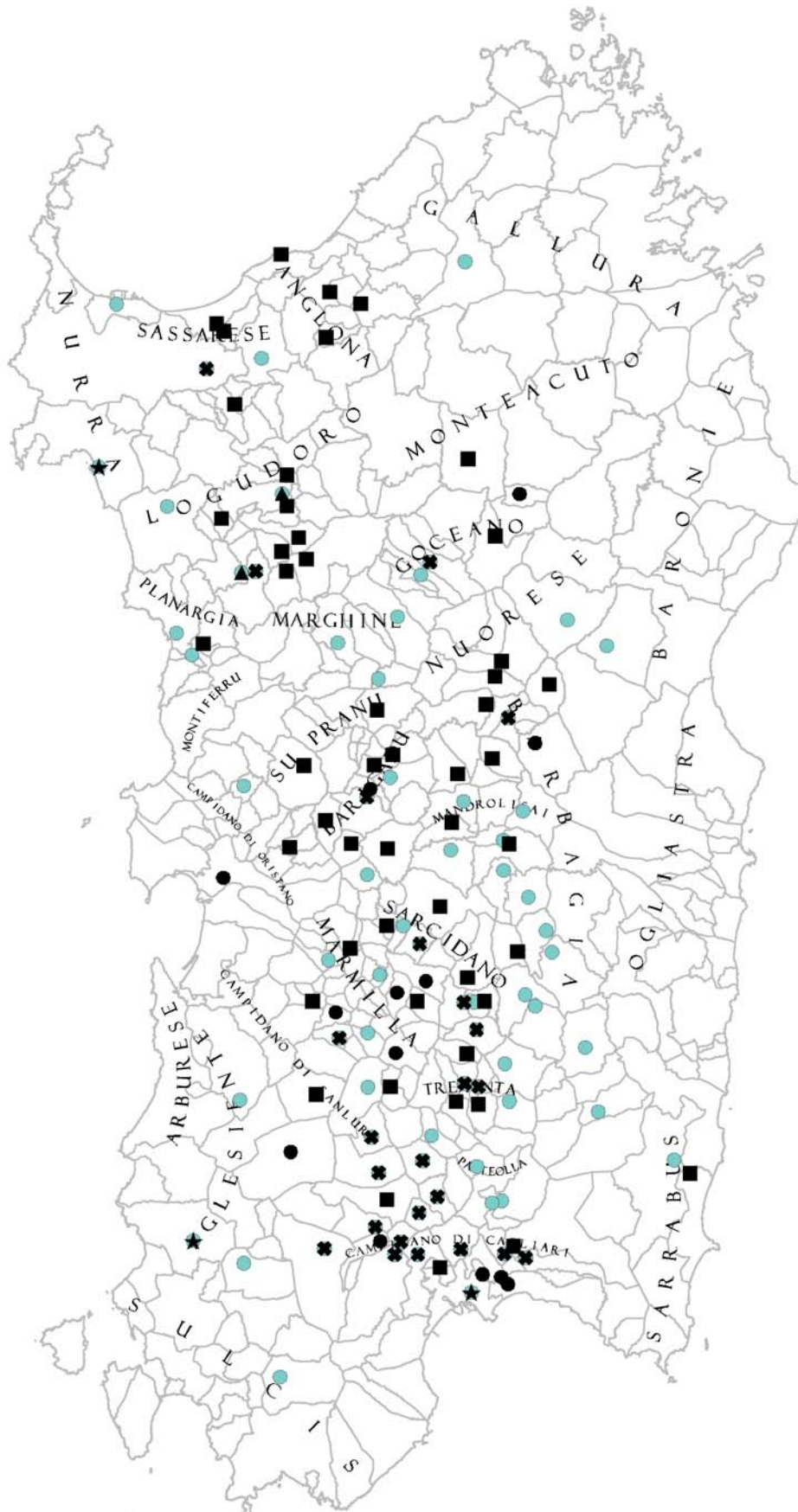


Fig. 13 - Carta di sintesi sulla diffusione delle volte. Sono stati sovrapposti i dati del totale delle chiese con caratteri tardogotici (in azzurro) a quelli degli edifici che tra questi conservano ancora le volte, differenziando il dato per tipologia di volta.

LEGENDA

Distribuzione delle chiese tardogotiche

Chiese con caratteri tardogotici

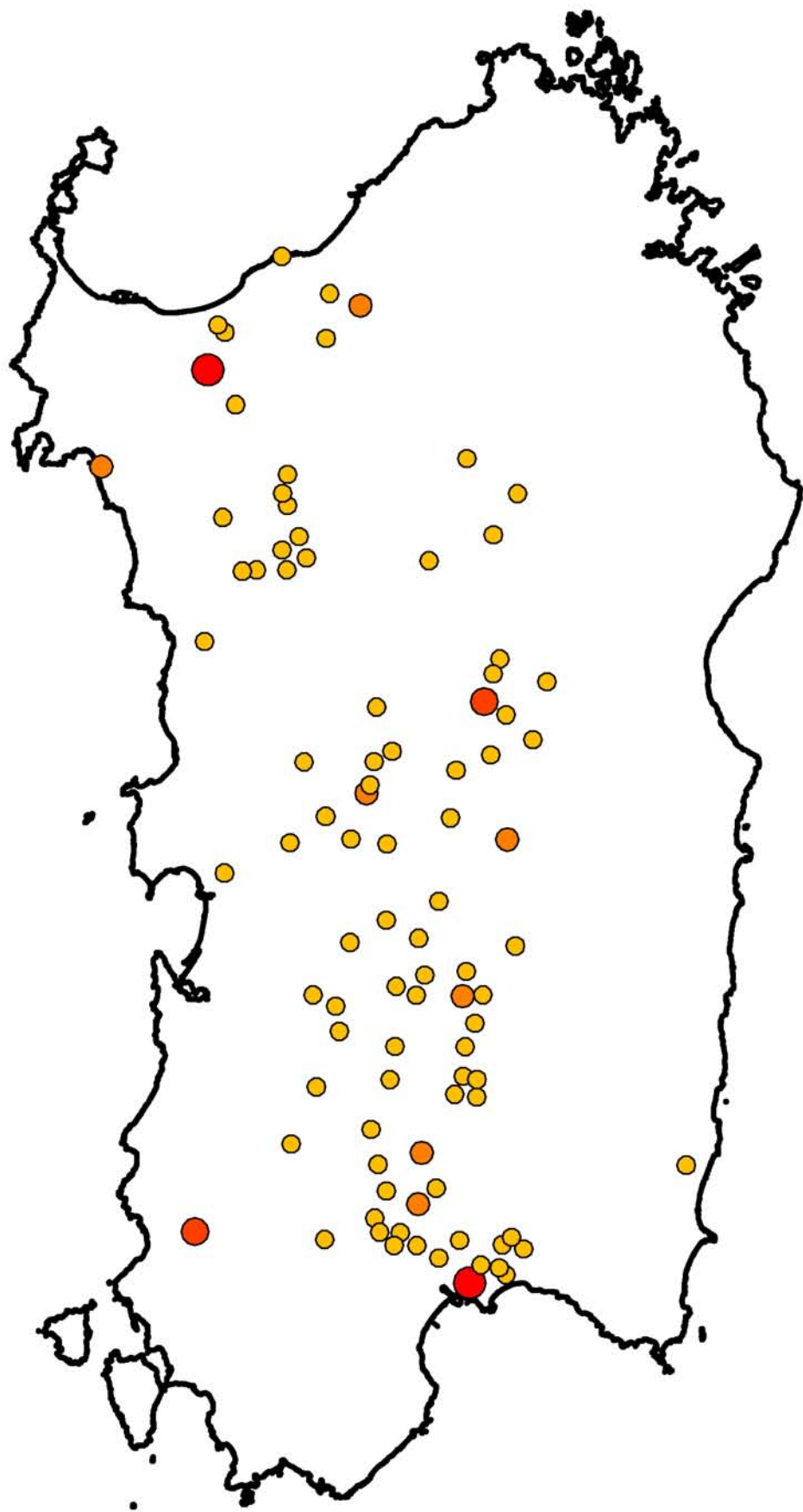
Distribuzione delle volte tardogotiche

- Semplice
- ▲ Semplice+Poligonale
- ✱ Semplice+Stellare
- ★ Semplice+Stellare+Poligonale
- Stellare

Fig.14 - Numero di chiese con volte per centro urbano.

LEGENDA

- 1
- 2
- 3
- Sassari 7, Cagliari 12



in una commistione di stile tardo gotico e rinascimentale;

- il caso in cui il primitivo impianto gotico è stato alterato da interventi successivi specie alla fine del '600, ma anche in epoche più recenti.

Riguardo il primo caso si possono citare ad esempio la chiesa di Santo Stefano a Maracalagonis, quella di Santa Barbara a Furtei e la chiesa campestre di Santa Mariadedda a Senorbì.

Ricadenti nel secondo caso si contano numerosissimi esempi in particolare nel Basso Campidano e nel Logudoro. Lungo il basso corso del Flumini Mannu si possono ad esempio citare Sant'Antonio Abate a Decimomannu, Santa Giusta a Uta, San Pietro ad Assemini.

Come esempi del terzo caso si possono prendere in considerazione Nugghedu Santa Vittoria, Gergei, Busachi.

All'ultimo gruppo appartengono a esempio Villacidro, Villasor, ecc.

2.2.1 Considerazioni sui risultati ottenuti

2.2.1.1 TIPOLOGIE DELLE VOLTE

La tabella 1 riassume la diffusione dei tipi di volte in relazione al numero di edifici censiti. Le chiese che presentano al loro interno tutti i tipi di volta sono solo tre, si trovano in centri maggiori cioè Cagliari, Alghero e Iglesias. Inoltre la chiesa di Cagliari non esiste più. Fu demolita a fine XIX secolo, ma di essa esiste un'ampia documentazione grafica e una ricostruzione 3D pubblicata³¹.

Combinazione Volte	Edifici	Edifici per provincia							
		CA	CI	NU	OR	OG	OT	SS	VS
S	66	14	0	10	14	0	0	25	3
S+P	5	2	0	0	0	0	0	3	0
S+ST	29	22	1	2	1	0	0	1	2
S+ST+P	3	1	1	0	0	0	0	1	0
ST	16	6	0	2	4	0	0	0	4
ST+P	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabella 1 - Impiego delle volte negli edifici.

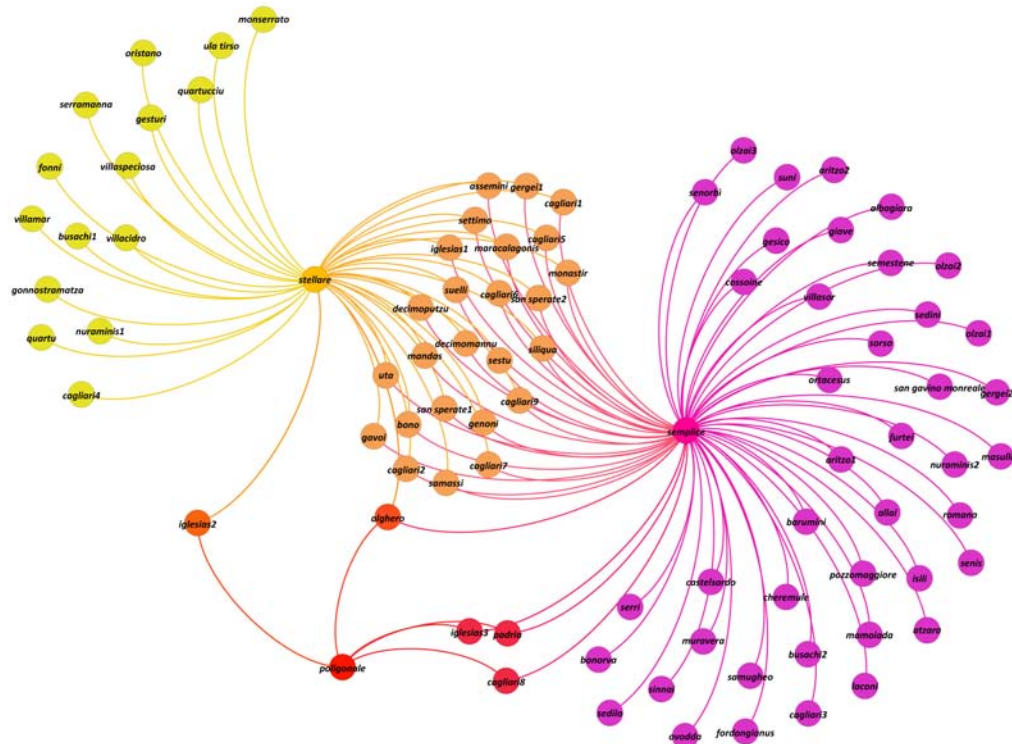


Fig.15 - Relazione visiva tra tipologia di copertura voltata e chiese individuate, realizzata tramite il software Gephi.

Tabelle 2 - Tipo e ubicazione delle volte all'interno della fabbrica.

Comune	Provincia	Chiesa	Copertura aula	Presbiterio	Cappelle laterali
Albagliari	OR	San Sebastiano	tetto ligneo	S	S
Alghero	SS	Santa Maria	-	-	S
Alghero	SS	San Francesco	volta a botte lunettata	P	S+ST
Allai	OR	Spirito Santo	volta ogivale	S	-
Ardauli	OR	Beata Vergine del Buon Cammino	volta ogivale	S	S
Aritzo	NU	Sant'Antonio	tetto ligneo	S	-
Aritzo	NU	San Michele	tetto ligneo	S	-
Assemini	CA	San Pietro	tetto ligneo	S	S+ST
Atzara	NU	Sant'Antioco	volta ogivale	S	-
Austis	NU	Maria Vergine Assunta	tetto ligneo	S	-
Barumini	VS	Beata Vergine Immacolata	tetto ligneo	S	S
Benetutti	SS	Sant'Elena	volta ogivale	-	S
Bessude	SS	San Martino	volta a botte lunettata	S	-
Bono	SS	San Michele Arcangelo	tetto ligneo	S	-
Bonorva	SS	Natività di Maria	volte a crociera S	S	-
Busachi	OR	San Domenico	tetto ligneo	-	S
Busachi	OR	Sant'Antonio da Padova	volta ogivale	ST	-
Cagliari	CA	Santuario di Bonaria	volta ogivale	P	S
Cagliari	CA	Santa Lucia	volte a crociera S	ST	S
Cagliari	CA	Carmine	volta a botte	-	S
Cagliari	CA	La Speranza	volte a crociera S	-	S
Cagliari	CA	Santo Sepolcro	volta ogivale	ST	-
Cagliari	CA	Santa Maria del Monte	volte a crociera S	ST	-
Cagliari	CA	San Giacomo	volta a botte	ST	S+ST
Cagliari	CA	San Domenico	volte a crociera ST	S	S
Cagliari	CA	Sant'Eulalia	volte a crociera ST	ST	-
Cagliari	CA	Santa Maria	-	-	S+P
Cagliari	CA	La Purissima	volte a crociera S	ST	S
Cagliari	CA	San Francesco	tetto ligneo	S	S+ST+P
Cargeghe	SS	San Quirico e Giuditta	volta a botte	-	S
Castelsardo	SS	Sant'Antonio	volte a crociera S	S	-
Cheremule	SS	Arcangelo Gabriele	volte a crociera	S	-
Collinas	VS	San Michele Arcangelo	volta a botte	ST	S+ST
Cossoine	SS	Santa Chiara	volta ogivale	-	S
Decimomannu	CA	Sant'Antonio Abate	tetto ligneo	ST	S
Decimoputzu	CA	Nostra Signora delle Grazie	tetto ligneo	S	ST
Elmas	CA	San Sebastiano	volta a botte	-	S
Fonni	NU	San Giovanni Battista	volta ogivale	ST	-
Fordongianus	OR	San Pietro	-	-	S
Furtei	VS	Santa Barbara	tetto ligneo	S	-
Gavoi	NU	San Gavino	volta ogivale	ST	S
Genoni	OR	Santa Barbara	volta a botte	ST	S
Gergei	CA	San Vito	tetto ligneo	-	S+ST
Gergei	CA	Santa Maria Assunta	tetto ligneo	S	-
Gesico	CA	Santa Giusta	tetto ligneo	S	S
Gesturi	VS	Santa Teresa d'Avila	volta a botte	ST	-
Giave	SS	Sant'Andrea	volta a botte	ST	S
Gonostramatza	OR	San Michele Arcangelo	volta a botte	S	-
Iglesias	CI	Santa Maria di Valverde	tetto ligneo	ST	P
Iglesias	CI	San Francesco	tetto ligneo	P	S+P
Iglesias	CI	Santa chiara	volte a crociera ST	ST	S
Isili	CA	San Saturnino	tetto ligneo	-	S
Laconi	OR	Sant'Ambrogio Vescovo	-	-	S
Mamoiada	NU	Santa Croce	tetto spiovente	S	-
Mandas	CA	San Giacomo	tetto ligneo	ST	S
Maracalagonis	CA	Santo Stefano	volta a botte	-	S+ST
Martis	SS	San Pantaleo	-	-	S
Masullas	OR	San Sebastiano	volta a botte	-	S
Monastir	CA	San Pietro	volta a botte	ST	S+ST
Monerrato	CA	Sant'Ambrogio	volta ogivale	ST	-
Muravera	CA	San Nicola	tetto ligneo	S	-
Nughedu Santa Vittoria	OR	San Giacomo	tetto ligneo	S	-
Nuraminis	CA	San Pietro	volta a botte	ST	-
Nuraminis	CA	San Vito a Villagrega	volta ogivale	S	-
Ollastra Simaxis	OR	San Sebastiano	tetto ligneo	S	-
Olzai	NU	Sant'Anastasio	tetto ligneo	S	-
Olzai	NU	Santa Barbara	volta a botte	S	-
Olzai	NU	San Giovanni Battista	volta a botte	S	-
Orani	NU	Nostra Signora d'Itria	volta a botte	S	-
Oristano	OR	San Martino	-	-	ST
Ortacesus	CA	San Pietro Apostolo	tetto ligneo	-	S
Osidda	NU	Sant'Angelo	volta ogivale	ST	-
Ovodda	NU	San Giorgio	volta ogivale	S	-

Padria	SS	Santa Giulia	volte a crociera S	P	S
Pattada	SS	Santa Sabina	tetto ligneo	S	S
Paulilatino	OR	San Teodoro	volta a botte	S	-
Perfugas	SS	San Giorgio	tetto ligneo	S	-
Perfugas	SS	Santa Maria degli Angeli	volta a botte	S	-
Pozzomaggiore	SS	San Giorgio	volte a crociera S	ST	-
Quartu Sant'Elena	CA	Sant'Elena	-	-	ST
Quartucciu	CA	San Giorgio	volta a botte	ST	-
Romana	SS	Santa Maria degli Angeli	tetto ligneo	S	S
Samassi	CA	Beata Vergine del Monserrato	tetto ligneo	ST	S
Samugheo	OR	San Sebastiano	volta ogivale	S	S
San Gavino Monreale	VS	Santa Chiara	tetto ligneo	S	S
San Sperate	CA	San Giovanni	tetto ligneo	ST	S
San Sperate	CA	San Sperate	tetto ligneo	-	S+ST
Sarule	NU	Nostra Signora di Gonare	volta ogivale	S	-
Sassari	SS	San Pietro di Silki	-	-	-
Sassari	SS	San Giacomo	volta a botte	S	-
Sassari	SS	Santa Caterina	volte a crociera S	-	S
Sassari	SS	San Francesco	volte a crociera S	S	S
Sassari	SS	Sant'Agostino	volte a crociera S	-	S
Sassari	SS	San Nicola	volte a crociera S	S	S
Sassari	SS	Santa Maria di Betlem	volte a crociera S	-	S
Sedilo	OR	San Costantino	volta a botte	S	-
Sedini	SS	Sant'Andrea	volta a botte lunettata	-	S
Selegas	CA	Sant'Anna	volta a botte	ST	S
Semestene	SS	San Giorgio	-	-	-
Senis	OR	San Giovanni Battista	volta a botte	S	S
Sennori	SS	San Basilio Magno	volte a crociera S	S	-
Senorbi	CA	San Nicola	tetto ligneo	S	-
Serramanna	VS	San Leonardo	tetto ligneo	-	S+ST
Serri	CA	San Basilio	tetto ligneo	S	S
Sestu	CA	San Giorgio	volta ogivale	S	S+ST
Settimo San Pietro	CA	San Pietro	volta ogivale	ST	S+ST
Siliqua	CA	San Giorgio	tetto ligneo	ST	S
Sinnai	CA	Santa Barbara	volta ogivale	-	S
Sorso	SS	Santa Croce	volta a botte lunettata	S	-
Suelli	CA	San Giorgio	tetto ligneo	ST	S
Suni	OR	Santa Maria ad Nives	tetto ligneo	S	S
Thiesi	SS	Santa Vittoria	volte a crociera S	P	-
Tuili	VS	San Pietro	volta a botte	-	S
Ula Tirso	OR	Sant'Andrea	volta ogivale	ST	-
Uta	CA	Santa Giusta	tetto ligneo	S	S+ST
Villacidro	VS	Santa Barbara	volta a botte	ST	S
Villamar	VS	San Giovanni Battista	tetto ligneo	ST	ST
Villanovatulo	CA	San Giuliano	volta a botte	S	S
Villasor	CA	San Biagio	volta a botte	-	S
Villaspeciosa	CA	Beata Vergine Assunta	tetto ligneo	-	ST

I casi più numerosi sono quelli di chiese che possiedono solo volte a crociera semplice. Esse sono utilizzate indifferentemente nella copertura dell'aula, delle cappelle laterali e della capilla mayor.

Molto frequenti sono anche le chiese in cui si affiancano volte con crociera semplice a volte con crociera stellare, di solito la combinazione di questo tipo vede la copertura voltata più elaborata in corrispondenza del presbiterio. Frequente è anche il solo uso di crociere stellari. La copertura a volta poligonale viene impiegata sempre in combinazione con le crociere semplici e in pochi casi con quelle stellari.








In tabella 2 è invece possibile vedere la

frequenza con cui queste si presentano nelle diverse parti dell'edificio evidenziando così le relazioni di posizione tra le diverse volte all'interno degli edifici censiti.

Al fine di sintetizzare visivamente le informazioni riportate in tabella è stata elaborata la Fig.15. Essa permette di valutare quantitativamente le relazioni tra tipo di volta e numero di chiese. Ciascun edificio è, infatti, connesso con un legame al tipo di volta in essa presente. La colorazione del nodo volta altera il colore del nodo edificio che risulta dalla combinazione dei colori dei nodi volta cui è connesso. Inoltre la Fig.16 mostra le tavole riassuntive sull'uso delle volte

Fig.15 - Utilizzo delle volte all'interno della fabbrica. Da sinistra a destra: copertura dell'aula, copertura del presbiterio, copertura delle cappelle.

LEGENDA

-  semplice
-  semplice+poligonale
-  semplice+stellare
-  semplice+stellare+poligonale
-  stellare
-  stellare+poligonale
-  poligonale

all'interno della fabbrica. Per i comuni in cui ricadono più edifici le informazioni sono state accorpate in una simbologia che raggruppa le diverse soluzioni adottate.

Le relazioni con l'assetto storico del territorio sono evidenziate in Fig.17 in cui è riportata la distribuzione territoriale delle volte in relazione alla divisione in baronie ed encontrade. È possibile notare come le aree maggiormente interessate dall'edificazione di volte nervate furono:

- a sud San Michele e Trexenta;
- nel centro Marmilla, Parte Montis e Usellus, Barigadu, Mandrolisai, Barbagia di Ollolai e di Belvi, Bitti;
- a nord Capuabbas, Bonvei, Anglona.

A queste aree si devono poi aggiungere le città regie di Cagliari, Sassari Alghero Castelsardo e Iglesias.

Esaminando invece la Fig.18 è possibile valutare la consistenza dell'edificazione in relazione all'amministrazione ecclesiastica del territorio. Si può notare come il maggior numero di edifici sia concentrato nelle aree dell'Archidiocesi di Cagliari (sebbene in una piccola parte del suo

vasto territorio) e nella Provincia Arborese che comprendeva le diocesi di Oristano e Usellus-Terralba.

In figura 20 e 21 si può osservare la diffusione delle volte in relazione alla datazione degli edifici. A questo proposito occorre fare alcune precisazioni. Innanzitutto, la distinzione è stata fatta per secoli, anche se sarebbe stato più significativo suddividere in archi di tempo minori. Tuttavia non sempre sono disponibili notizie dettagliate sugli edifici e sulla datazione delle singole cappelle. Di frequente si fa riferimento alla data di consacrazione che però non è un dato molto significativo. Essa, infatti, avveniva anche molto anni dopo l'ultimazione dei lavori. Essa rappresenta solo un dato ante quem si può collocare la costruzione dell'edificio. In alcuni casi sono presenti elementi che consentono di attribuire una data certa all'ultimazione di una volta. Certe volte si tratta di date incise sulla chiave o sui capitelli dell'arco d'accesso alla cappella (Fig.20). Purtroppo non sempre i costruttori lasciavano segni di questo tipo. In alcuni casi sono d'aiuto i libri parrocchiali

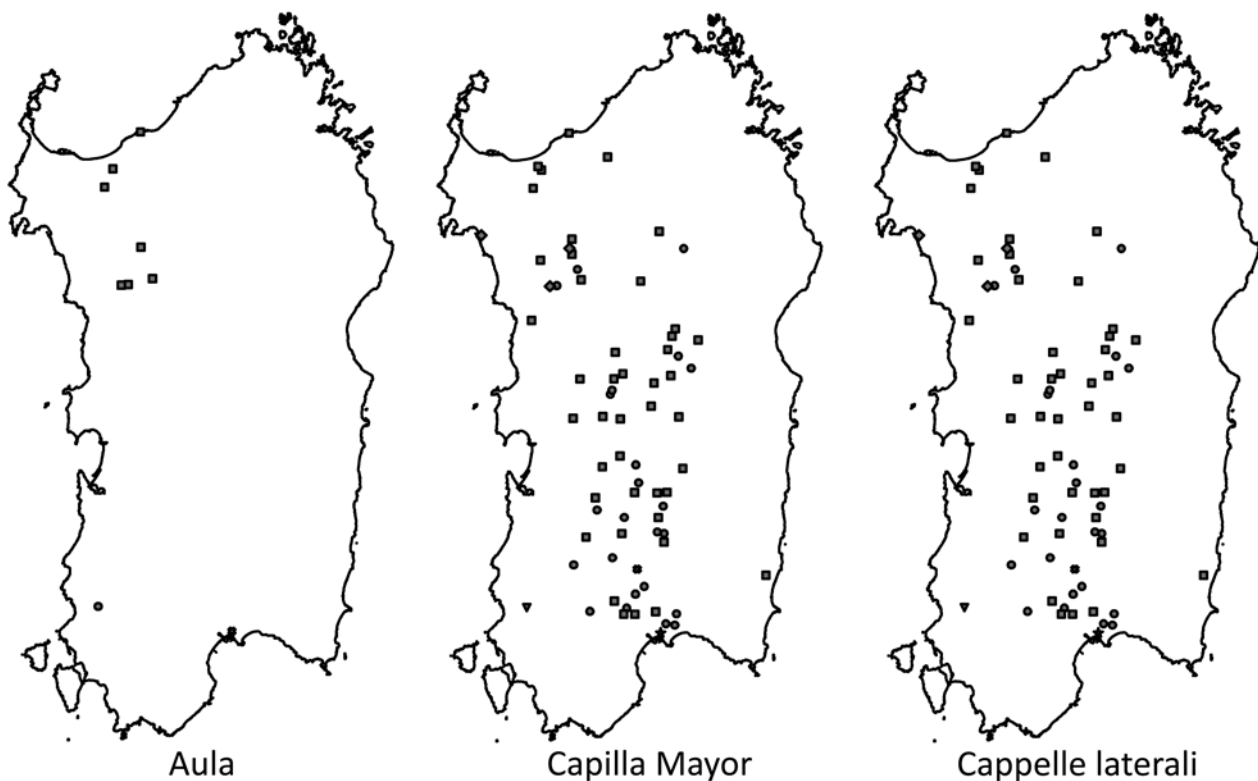


Fig.18 - Distribuzione delle volte in relazione all'assetto delle diocesi in epoca moderna.

LEGENDA

Numero di chiese con volte per comune

● 1

● 2

● 3

● Sassari 7, Cagliari 12

Diocesi età moderna

■ Archidiocesi di Cagliari e unioni

■ Provincia Arborese

■ Provincia Turritana

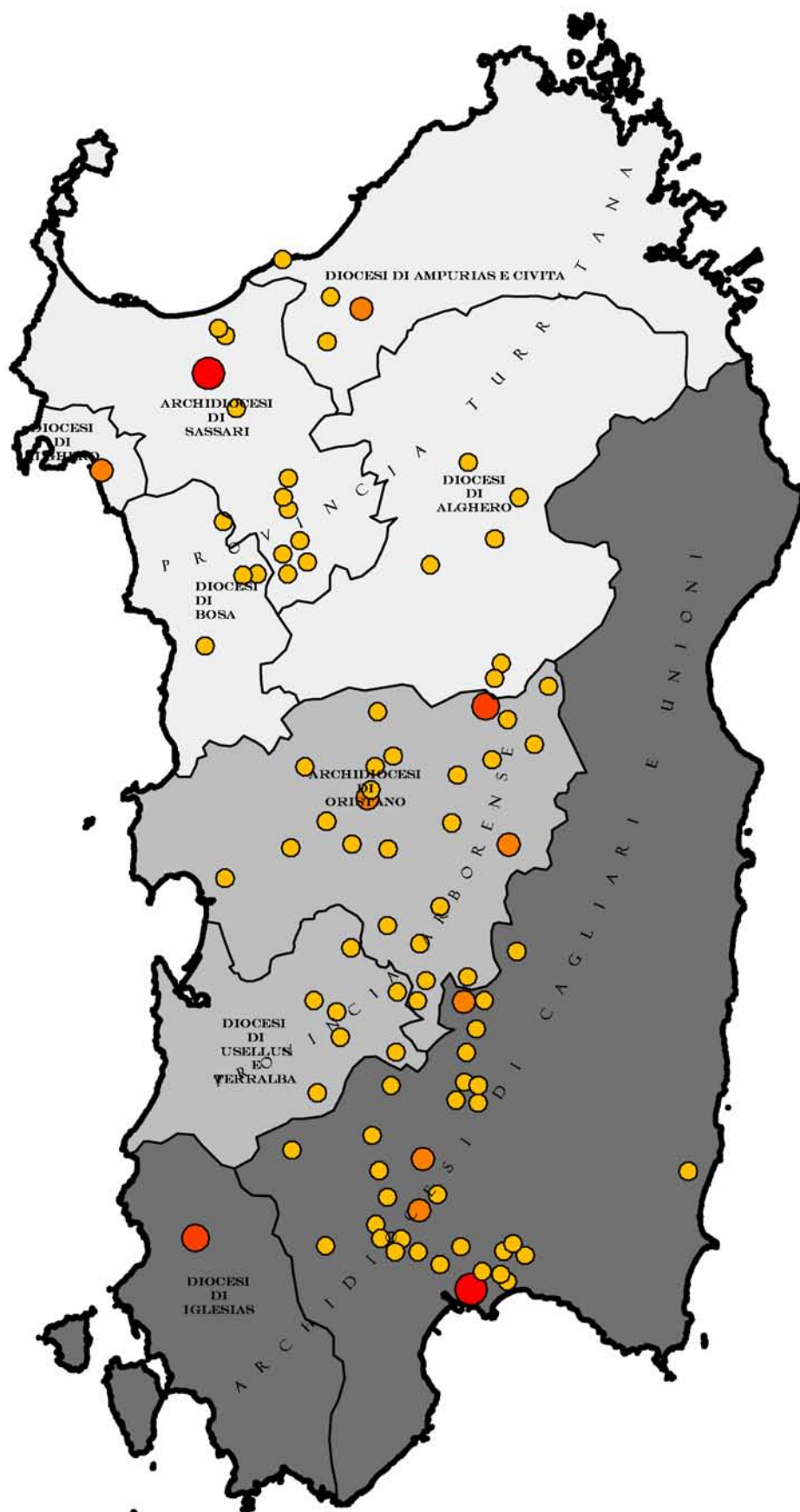




Fig.19 - 1579, data incisa sul capitello dell'arco d'accesso della cappella laterale sinistra nella chiesa di Santa Giusta a Uta

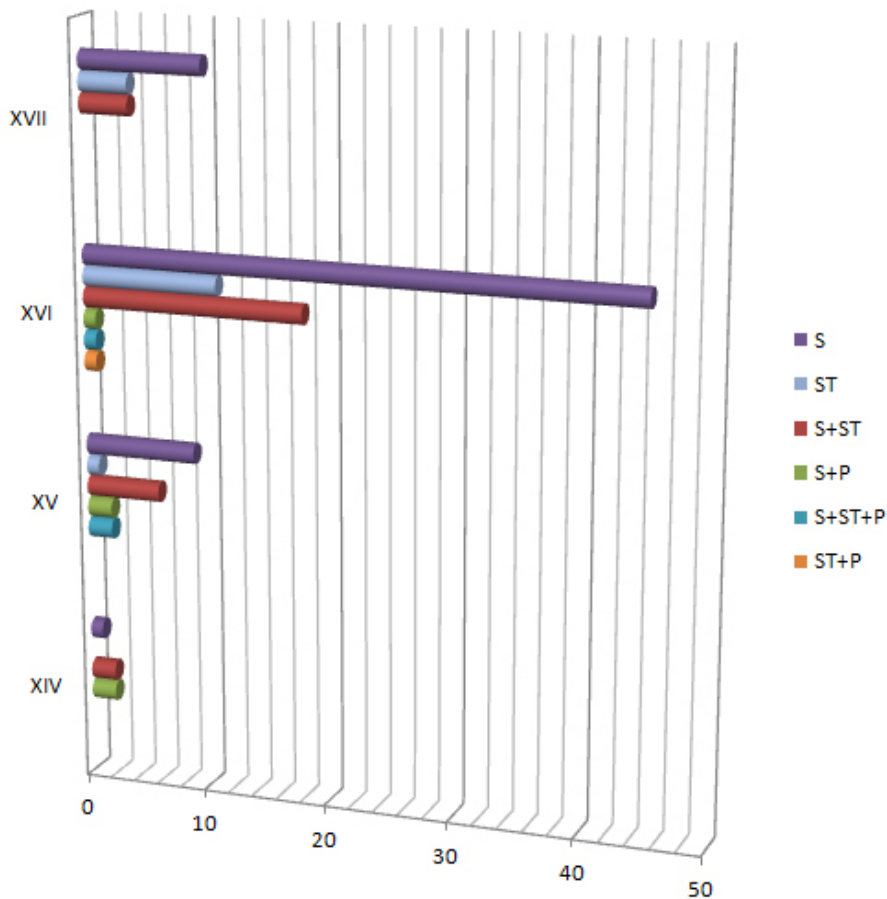


Fig.20 - Grafico riassuntivo che mette in relazione i tipi di volte con la datazione.

Fig.21 - carta della datazione degli edifici con volte tardo gotiche

LEGENDA

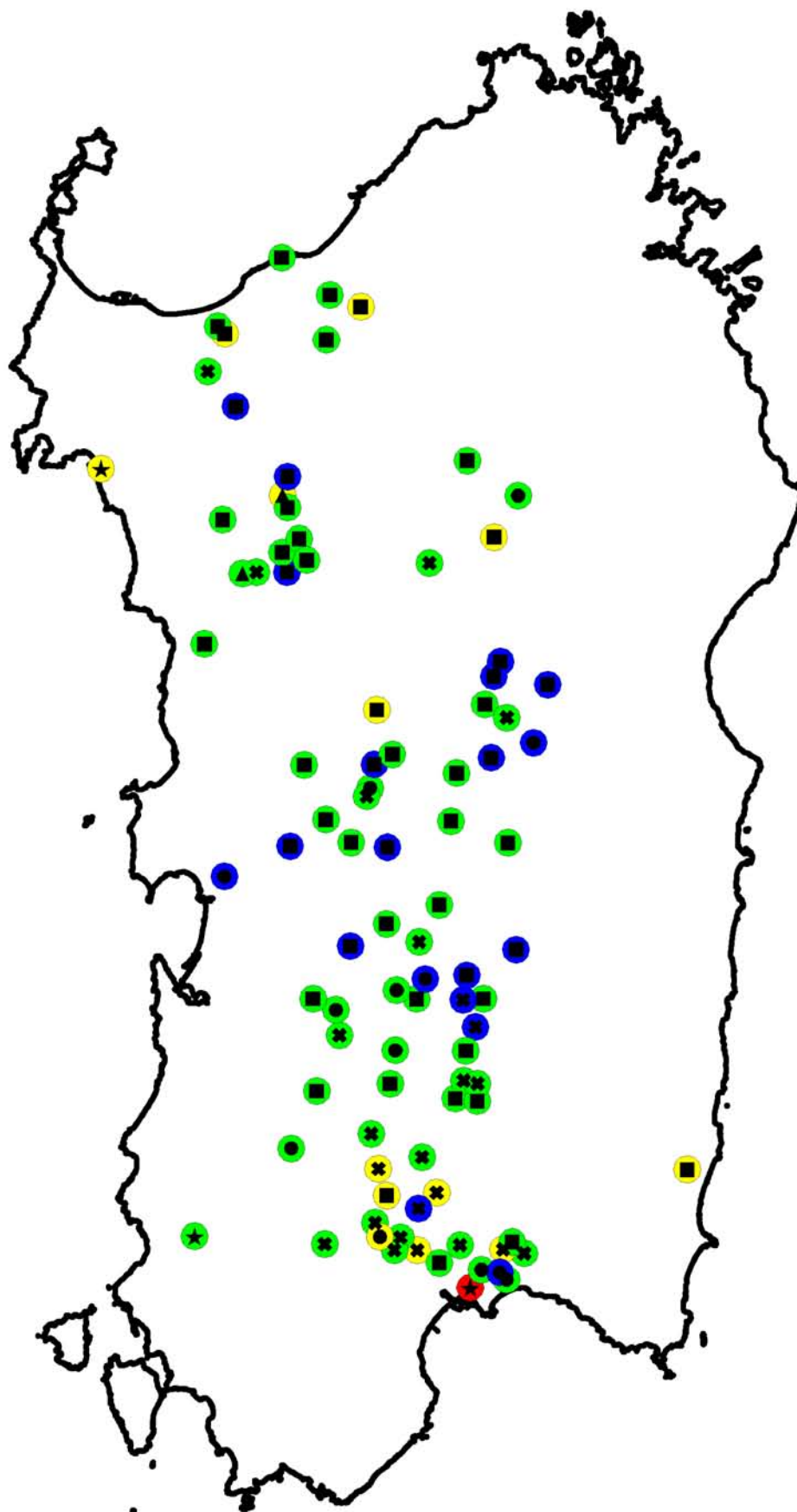
Distribuzione delle volte

- semplice
- ▲ semplice+poligonale
- ✕ semplice+stellare
- ★ semplice+stellare+poligonale

● stellare

Datazione

- XIV secolo
- XV secolo
- XVI secolo
- XVII secolo



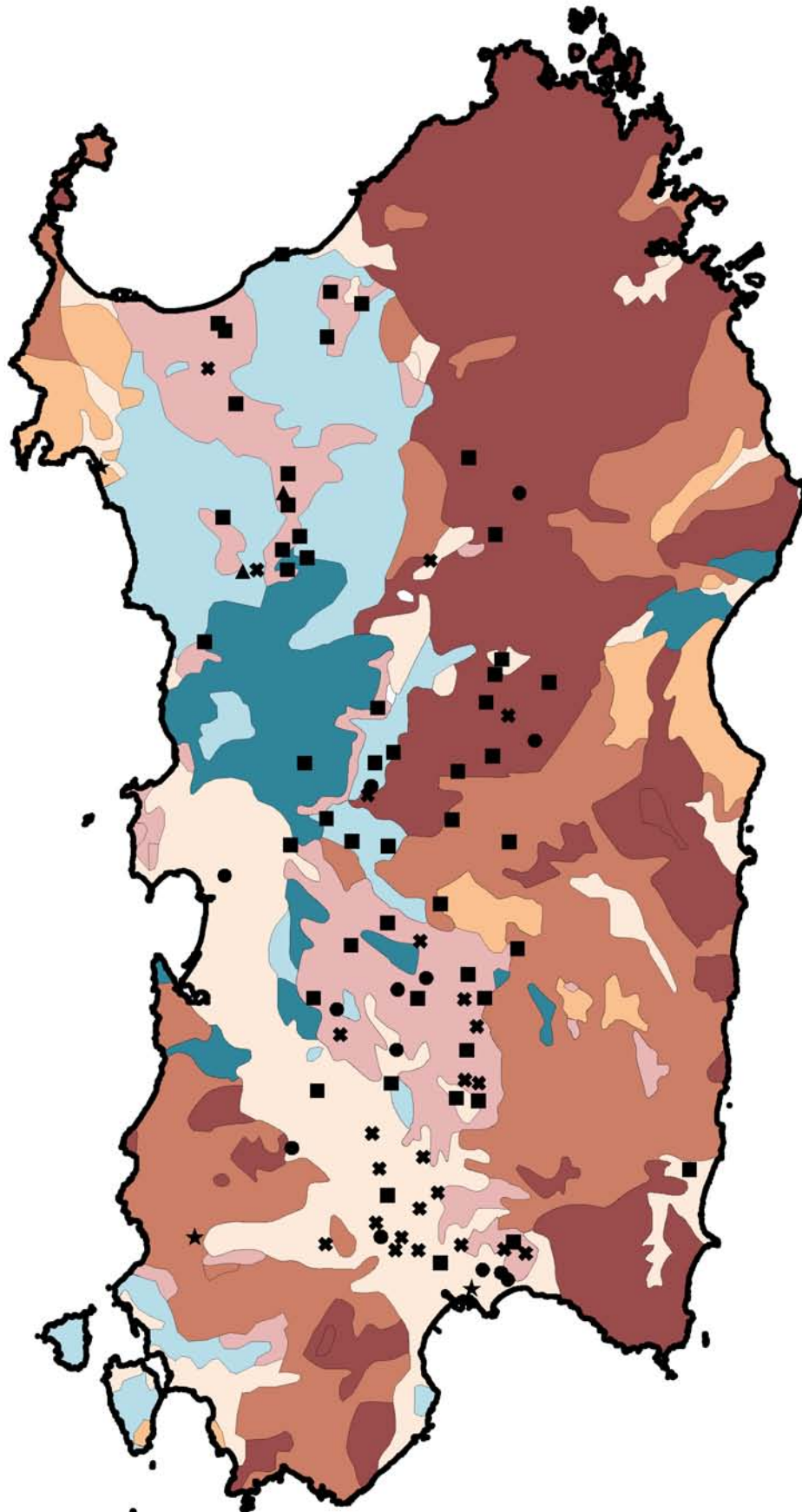


Fig.22 - Sovrapposizione della distribuzione delle volte alla carta geologica regionale semplificata.

LEGENDA

Distribuzione delle volte

- semplice
- ▲ semplice+poligonale
- ✱ semplice+stellare
- ★ semplice+stellare+poligonale
- stellare

Carta geologica

- Mesozoico - Calcari, Arenarie, Argille
- Paleozoico - Graniti
- Paleozoico - Metamorfiti
- Quaternario Terziario - Alluvioni, Sedimenti marini
- Quaternario Terziario - Calcari, Marne, Arenarie
- Quaternario Terziario - Vulcaniti alcaline Plio-Pleisocenico, Basalti, Fonoliti, Trachiti
- Quaternario Terziario - Vulcaniti calco-alcalino Oligo-Miocenico, Andesiti, Riodaciti, Rioliti

Fig.23 - Relazione tra la distribuzione delle volte e la schmatizzazione degli affioramenti carbonatici.

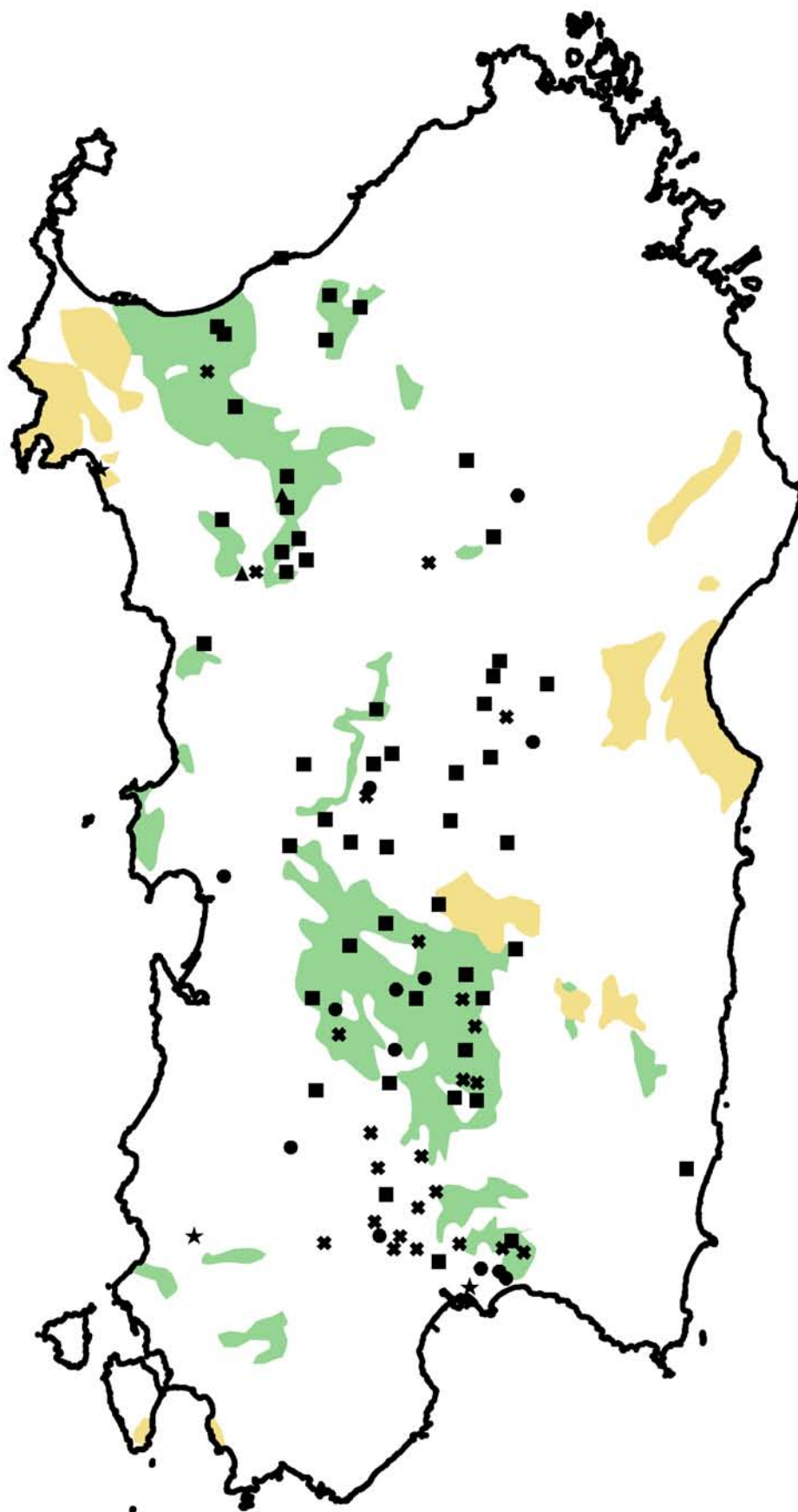
LEGENDA

Distribuzione delle volte

- Semplice
- ▲ Semplice+Poligonale
- ✱ Semplice+Stellare
- ★ Semplice+Stellare+Poligonale
- Stellare

Calcari

- Mesozoico - Calcari, Arenarie, Argille
- Terziario - Calcari, Marne, Arenarie



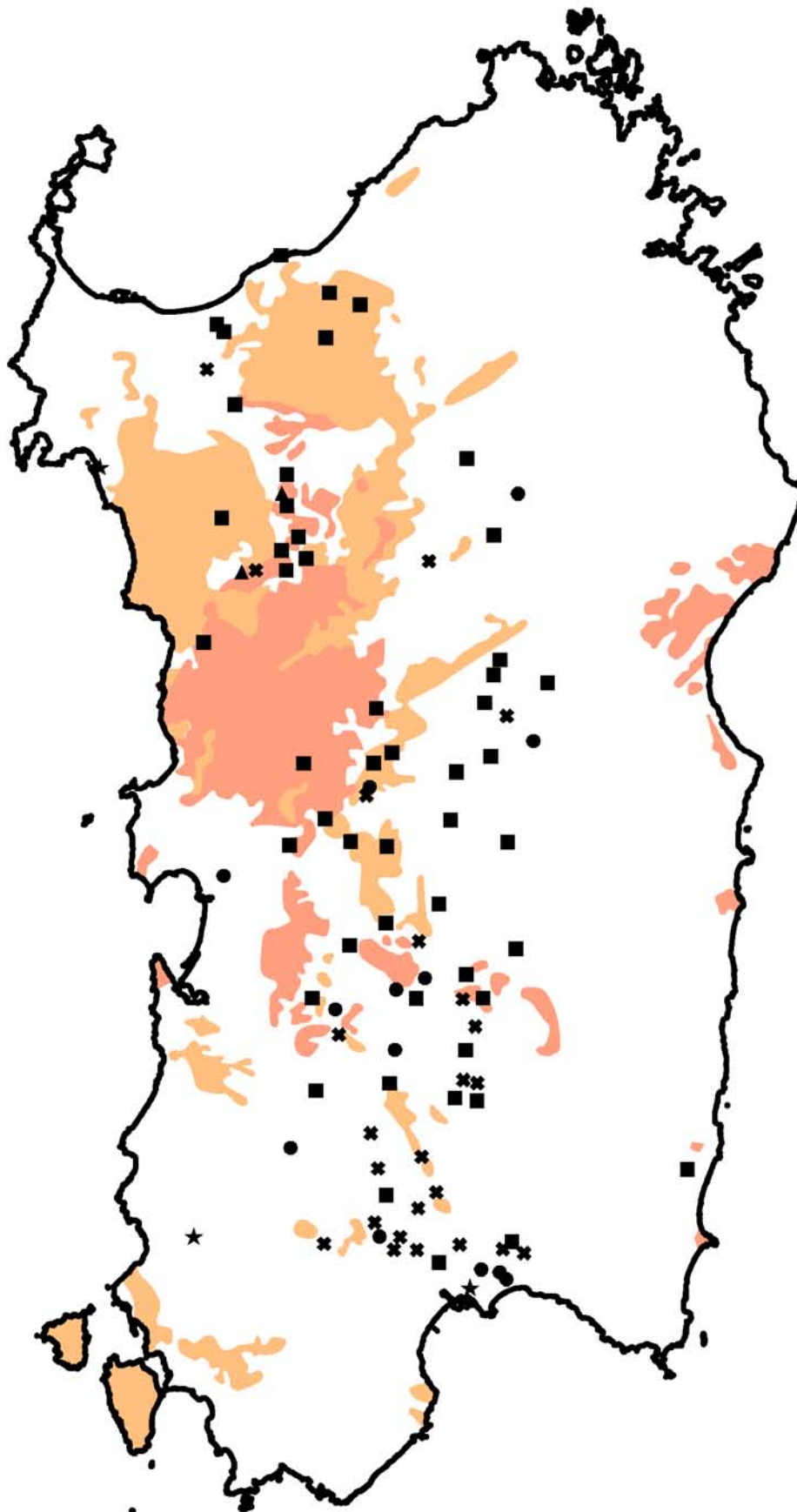


Fig.24 - Relazione tra la distribuzione delle volte e la schmatizzazione degli affioramenti delle vulcaniti.

LEGENDA

Distribuzione delle volte

- Semplice
- ▲ Semplice+Poligonale
- ✱ Semplice+Stellare
- ★ Semplice+Stellare+Poligonale
- Stellare

Vulcaniti

- Vulcaniti oligo-mioceniche
- Vulcaniti plio-quadernarie

Fig.25 -
Distribuzione delle
volte con
evidenziato il
materiale da
costruzione di cui
sono fatte.

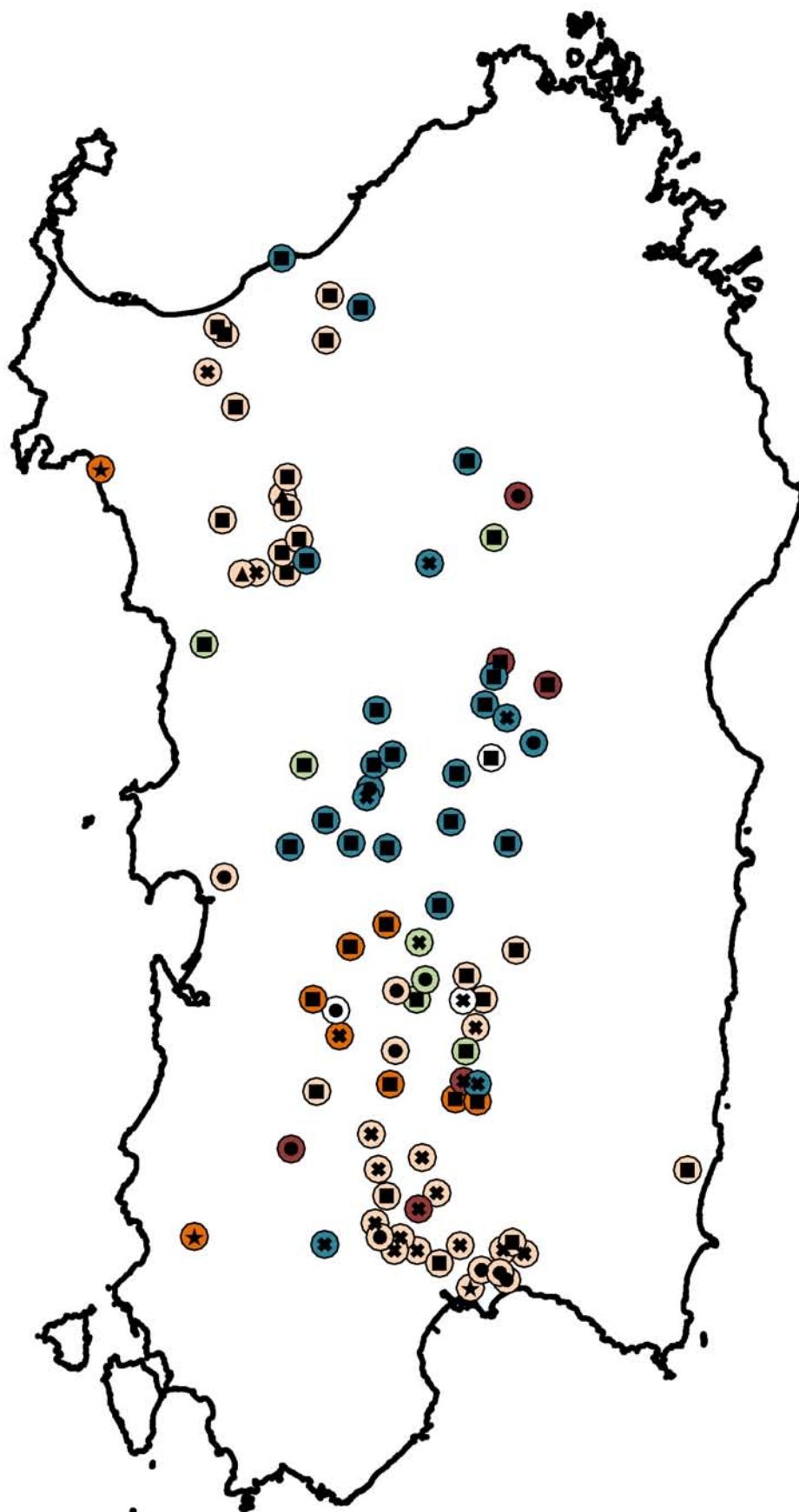
LEGENDA

Distribuzione delle
volte

- Semplice
- ▲ Semplice+Po-
ligonale
- ✱ Semplice+
Stellare
- ★ Semplice+Po-
ligonale+
Stellare
- Stellare

Materiali

- Arenaria
- Calcare
- Basalto
- Vulcanite
- Dipinte
- Intonaco



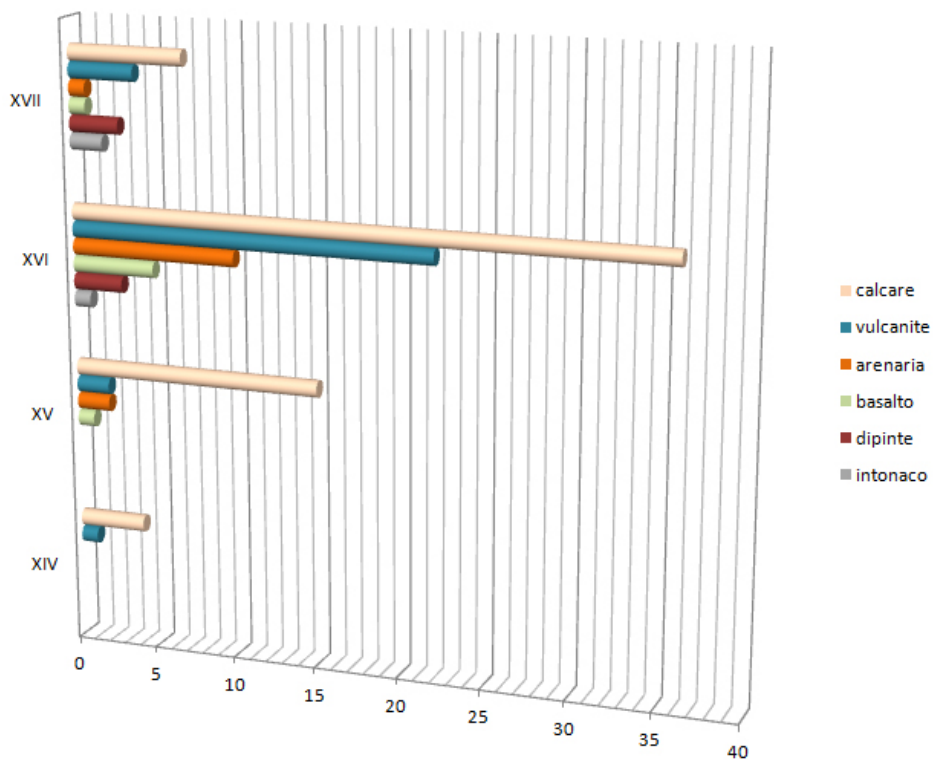


Fig.26 - Relazione tra la datazione delle volte e il materiale da costruzione impiegato.

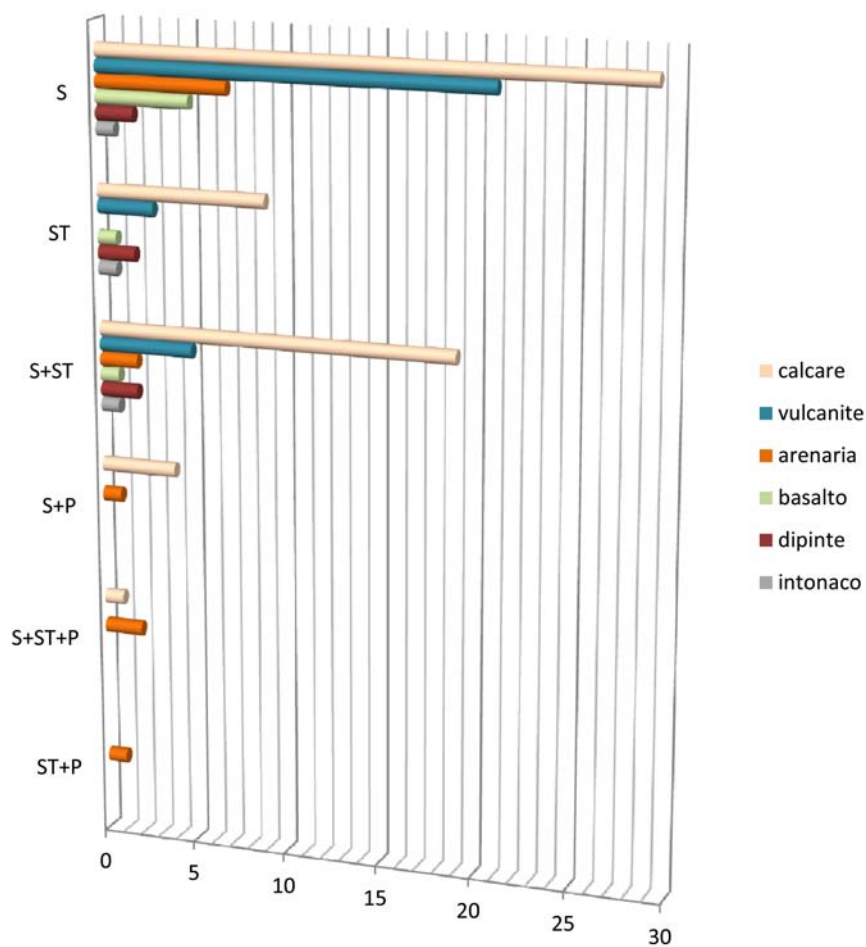


Fig.27 - Relazione tra i diversi tipi di volte censite e il materiale da costruzione impiegato.

ma a oggi non tutti sono stati studiati. Cosicché per molte chiese e cappelle la datazione reperibile in letteratura indica in modo generico il secolo di edificazione. In ogni caso anche prendendo in considerazione solo l'indicazione del secolo, è possibile rendersi conto che la maggior parte delle volte sono state edificate nel XVI secolo (Fig.21). Inoltre, le date più antiche sono quelle delle chiese dei capoluoghi di Cagliari e Sassari cui si aggiunge Alghero. Essi, infatti, furono i punti di partenza da cui si diffuse la prassi costruttiva gotico-catalana.

2.2.1.2 MATERIALI

Il materiale adoperato all'interno della fabbrica di una chiesa per la costruzione delle volte è sempre lo stesso. Anche per volte realizzate in tempi differenti, si nota l'uso del medesimo materiale. Nei rari casi in cui si utilizzano pietre di tipo diverso tali assortimenti sono eseguiti alla ricerca di accostamenti cromatici che migliorino l'estetica del risultato finale. A titolo di esempio si possono citare i casi di San Francesco a Iglesias in cui la pietra di colore diverso è utilizzata per ottenere un effetto cromatico alternato nei conci degli archi d'accesso alle cappelle laterali e al presbiterio. Nel caso del San Francesco di Alghero materiali diversi sono stati adoperati per la realizzazione delle chiavi delle volte. L'uso di materiale differente da quello dei costoloni e della superficie voltata si ritrova anche a Furtei per la realizzazione di gemme lavorate e capitelli scolpiti. A Serri il materiale adoperato per la facciata differisce da quello utilizzato nella realizzazione delle strutture interne. I materiali impiegati sono nella maggior parte dei casi Calcari e Vulcaniti. Il granito non viene mai utilizzato per la realizzazione degli elementi decorativi e delle volte in generale. Nelle zone del granito sono spesso utilizzate le vulcaniti, i calcari e i basalti trasportati da altre aree o estratti da piccole cave locali. Nell'area dal Campidano in cui il materiale da costruzione degli edifici d'abitazione è

generalmente il mattone di fango gli edifici in pietra sono edificati in pietra calcarea proveniente dalle cave di Cagliari o in alcuni casi con elementi di spoglio. Durante recenti restauri nella chiesa di Sant'Antonio Abate a Decimomannu sono stati rinvenuti, impiegati a riempimento di alcune parti, elementi di spoglio si pensa provenienti da edifici dell'antica capitale giudicale Santa Igia. Probabilmente i blocchi furono trasportati utilizzando la via di trasporto fluviale lungo il corso del Flumini Mannu.

Le carte geologiche di sintesi mostrano la varietà geologica della Sardegna e la mettono in relazione con la posizione degli edifici sul territorio. In questo modo è possibile valutare la loro diffusione anche in base alla reperibilità del materiale da costruzione. Le figure 23 e 24 evidenziano in particolare le aree dei calcari e delle vulcaniti che appaiono come i principali materiali da costruzione adoperati nella realizzazione delle volte. La maggior parte degli edifici ricade in questi ambiti ad eccezione di quelli delle zone alluvionali del basso Campidano e delle regioni centrali in cui prevale il granito. La distribuzione delle volte in relazione al materiale da costruzione impiegato (Fig.25) conferma, seppure parzialmente, quanto visibile nelle carte geologiche di sintesi. E cioè che alle aree del calcare corrispondono le realizzazioni in calcare, mentre alle aree delle vulcaniti corrispondono realizzazioni in questo materiale. Essa fa però notare come nei casi particolari delle realizzazioni distanti dalle zone di estrazione le volte erano realizzate in calcare (medio e basso Campidano) o in vulcanite (Nuorese e alcune aree della Barbagia). Quindi, quando necessario, si provvedeva al trasporto del materiale adatto alla costruzione dai siti di estrazione, anche se questi potevano essere lontani, dato che il materiale reperibile in loco era inadatto al raggiungimento del risultato atteso.

1. Florensa, A., *Il Gotico Catalano in Sardegna*, Bollettino del Centro di Studi per la Storia dell'Architettura, n. 17, 1961, pp. 81-97.
2. la carta è pubblicata in Casu, P., 2007. Note sulla distribuzione della architettura tardo-gotica in Sardegna, in Montaldo, G., Casu, P. (a cura di) *Architettura Catalana in Sardegna*, Nuove Grafiche Puddu, Ortacesus (CA), 2007, pp. 11-22.
3. L'architettura di età aragonese nell'Italia centro-meridionale: verso la costituzione di un sistema informativo territoriale documentario e iconografico.
4. Arce J., *La Spagna in Sardegna. Apporti culturali e testimonianze della sua influenza*. Editrice Tea, Cagliari, 1982.
5. Guida Rossa Touring Club Italiano 2005.
6. Casalis, G., *Dizionario Geografico-Storico-Statistico-Commerciale Degli Stati Di S. M. Il Re Di Sardegna*. Nabu Press, 2011. nelle voci sui centri della Sardegna redatte da Vittorio Angius.
7. Casula, F. C., *Dizionario storico sardo*. Carlo Delfino Editore. Sassari, 2001.
8. <http://www.panoramio.com/> (consultato il 5/11/2012)
9. <http://www.flickr.com/> (consultato il 5/11/2012)
10. <http://maps.google.it/intl/it/help/maps/streetview/> (consultato il 5/11/2012)
11. <http://www.google.com/earth/index.html> (consultato il 5/11/2012)
12. <http://it.bing.com/maps/> (consultato il 5/11/2012)
13. www.sardegnaecultura.it
14. www.wikipedia.org
15. Florensa, A., *Il Gotico Catalano in Sardegna*. Bollettino Del Centro Di Studi Per La Storia Dell'architettura 17 (1961), pp. 81-116.
16. Casu, P., op. cit.
17. Meloni, G., Ramon Muntaner – Pietro IV d'Aragona, *La conquista della Sardegna nelle cronache catalane*, Ilisso, Nuoro, 1999.
18. A supporto di queste constatazioni vengono in aiuto le affermazioni di: Maltese C., *Persistenza di motivi arcaici tra il XVI e il XVIII secolo in Sardegna*, Studi Sardi, XVII, 1959-1961, Sassari 1962, pp. 462-472; Segni Pulvirenti F, Sari A. *Architettura tardogotica e d'influsso rinascimentale*, Storia dell'arte in Sardegna, Nuoro, Ilisso, 1994.
19. Pracchi, R., Terrosu Asole, A., (a cura di) *Atlante della Sardegna con la direzione cartografica di M. Riccardi*, La Zattera Cagliari, 1980.
20. Per una carta delle curatorie si veda Casula in Pracchi R., Terrosu Asole A. (a cura di) op.cit., tav. 39.
21. Casula, F.C., in Pracchi, R., Terrosu Asole, A., (a cura di) op.cit tav n° 41.
22. KIROVA, T. K. Cagliari, quartieri storici. Stampace. Comune di Cagliari. Assessorato alla pubblica istruzione e beni culturali, 1995.
23. Licheri, M., Ghilarza : note di storia civile ed Sassari : Tip. G. Gallizzi, 1900.
24. Casu, P., *Dalla terra al cielo, geometria dei pantheon ottocenteschi in Sardegna* in Gambardella, C., Giovannini, M., Martusciello, S.,(a cura di) *Le Vie dei Mercanti, Cielo dal Mediterraneo all'oriente*. Atti del Sesto Forum internazionale di studi. Capri, 5-6-7 giugno 2008, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 2009, pp. 471-474.
25. <http://www.sardegnaegeoportale.it/>
<http://www.sardegnaeterritorio.it/geografia/consultacartografia.html> (consultati il 28/10/2012)
26. <http://www.regione.sardegna.it/j/v/509?s=1&v=9&c=4399&na=1&n=10&tb=4394&tb=4394&st=2>
Piano delle attività estrattive (consultato il 28/10/2012)
27. Pracchi, R., Terrosu Asole, A., (a cura di) op.cit.
28. Casula, F.C., op. cit.
29. Turtas, R., *Storia della chiesa in Sardegna: dalle origini al Duemila*. Città Nuova, 1999.
30. <https://gephi.org/> (consultato il 29/10/2012)
31. Segni Pulvirenti, F., Sari, A., op. cit.
32. Tola, B., *La chiesa parrocchiale di Sant'Antonio Abate (Decimomannu) in Per una riscoperta della storia locale: la comunità di Decimomannu nella storia*, Arci Bauhaus, Decimomannu, 2008.
33. La città di Santa Igia le cui rovine erano visibili ancora a fine ottocento come indica lo spano nella sua guida di Cagliari sorgeva nella zona di Cagliari attualmente corrispondente a Sant'Avendrace e Fangario. Spano, G., *Guida della città e dintorni di Cagliari*. A. Timon, 1861; Università di Cagliari Istituto di storia medioevale. S. Igia, capitale giudiciale: contributi all'Incontro di studio "Storia, ambiente fisico e insediamenti umani nel territorio di S. Gilla" (Cagliari), 3-5 novembre 1983. Ets Editrice, 1986.
34. Grillo, S., *Notizie geologiche petrografiche e storiche in Sanna*, U., Atzeni, C., *Il manuale tematico della pietra, collana manuali del recupero dei centri storici della Sardegna*, Regione Autonoma della Sardegna, Università di Cagliari Dipartimento di Architettura, DEI Tipografia del Genio Civile, 2009, pp. 3-24.

2.3 SCHEDE

2.3.1 Provincia di Cagliari

Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Assemini	San Pietro	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	La Purissima	conventuale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



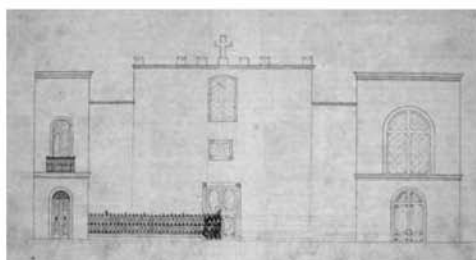
Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	La Speranza	cappella	XV	S	calcare

Immagini



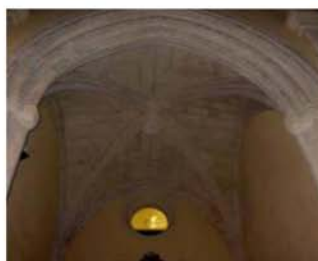
Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	Madonna del Carmine	parrocchiale	XVI	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	Nostra Signora di Bonaria	santuario	XIV	S+P	calcare

Immagini



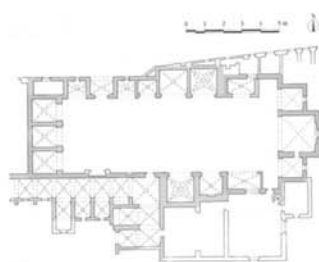
Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	San Domenico	conventuale	XV	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	San Francesco	conventuale	XV	S+ST+P	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	San Giacomo	parrocchiale	XIV	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	Santa Lucia	conventuale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	Santa Maria	cattedrale	XIV	S+P	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	Santa Maria del Monte	chiesa	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	Sant'Eulalia	parrocchiale	XIV	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cagliari	Santo Sepolcro	chiesa	XVI	ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Decimomannu	Sant'Antonio Abate	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Decimoputzu	Nostra Signora delle Grazie	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Elmas	San Sebastiano	parrocchiale	XV	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Gergei	San Vito	parrocchiale	XVII	S+ST	arenaria

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Gergei	Santa Maria Assunta	chiesa	XVI	S	intonacata

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Gesico	Santa Giusta	parrocchiale	XV	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Isili	San Saturnino	parrocchiale	XIV	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Mandà	San Giacomo	parrocchiale	XVII	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Maracalagonis	Santo Stefano	parrocchiale	XV	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Monastir	San Pietro	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Monserrato	Sant'Ambrogio	parrocchiale	XVI	ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Muravera	San Nicola di Bari	parrocchiale	XV	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Nuraminis	San Pietro	parrocchiale	XVI	ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Nuraminis	San Vito (Villagrega)	parrocchiale	XVI	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Ortacesus	San Pietro Apostolo	parrocchiale	XVII	S	arenaria

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Quartu Sant'Elena	Sant'Elena	parrocchiale	XVI	ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Quartucciu	San Giorgio	parrocchiale	XV	ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
San Sperate	San Giovanni	chiesa	XV	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
San Sperate	San Sperate	parrocchiale	XVI	S+ST	dipinte

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Selegas	Sant'Anna	parrocchiale	XVI	S+ST	dipinte

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Senorbi'	Santa Mariedda	campestre	XVI	S	arenaria

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Serri	San Basilio	parrocchiale	XVI	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sestu	San Giorgio	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



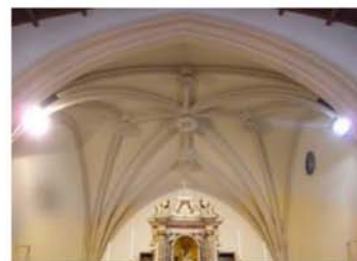
Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Settimo San Pietro	San Pietro	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



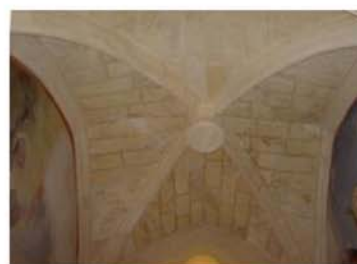
Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Siliqua	San Giorgio	parrocchiale	XVI	S+ST	dipinte

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sinnai	Santa Barbara	parrocchiale	XVI	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Suelli	San Giorgio	parrocchiale	XVI	S+ST	arenaria

Immagini



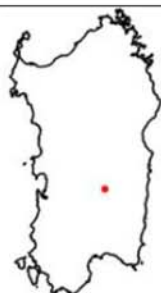
Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Uta	Santa Giusta	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Villanovatulo	San Giuliano	parrocchiale	XVII	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Villasor	San Biagio	parrocchiale	XV	S	calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Villaspeciosa	Beata Vergine Assunta	parrocchiale	XV	ST	calcare

Immagini



2.3.2 Provincia di Carbonia-Iglesias

Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Iglesias	San Francesco	conventuale	XVI	S+P	arenaria

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Iglesias	Santa Chiara	cattedrale	XVI	S+ST	arenaria calcare

Immagini



Località	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Iglesias	Santa Maria di Valverde	parrocchiale	XV	ST+P	arenaria

Immagini



2.3.3 Provincia Medio Campidano

Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Barumini	Beata Vergine Immacolata	parrocchiale	XVI	S	basalto

Immagine



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Collinas	San Michele Arcangelo	parrocchiale	XVI	S+ST	arenaria

Immagine



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Furtei	Santa Barbara	parrocchiale	XV	S	arenaria

Immagine



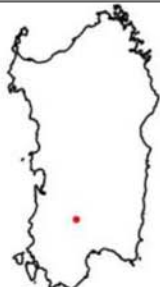
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Gesturi	Santa Teresa d'Avila	parrocchiale	XVI	ST	basalto

Immagine



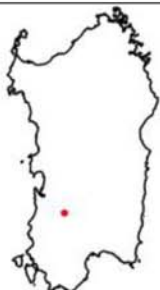
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Samassi	Beata Vergine del Monserrato	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagine



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
San Gavino Monreale	Santa Chiara	parrocchiale	XV	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Serramanna	San Leonardo	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare





Immagini







Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Tuili	San Pietro	parrocchiale	XV	ST	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Villacidro	Santa Barbara	parrocchiale	XVI	ST	dipinta
					

Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Villamar	San Giovanni Battista	parrocchiale	XVI	ST	calcare
					

2.3.4 Provincia di Oristano

Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Albagiara	San Sebastiano	parrocchiale	XVII	S	arenaria

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Allai	Spirito Santo	parrocchiale	XVI	S	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Ardauli	Beata Vergine del Buon Cammino	parrocchiale	XVII	S	vulcanite

Immagini



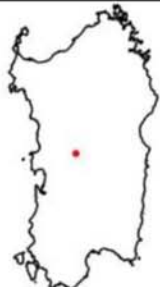
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Busachi	Sant'Antonio	parrocchiale	-	ST	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Busachi	San Domenico	conventuale	XVI	S	vulcanite

Immagini



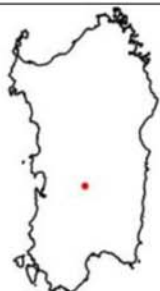
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Fordongianus	San Pietro	parrocchiale	XVI	S	vulcanite

Immagini

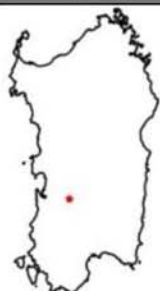


Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Genoni	Santa Barbara	parrocchiale	XVI	S+ST	basalto

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Gonnostramatza	San Michele Arcangelo	parrocchiale	XV	ST	intonaco



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Laconi	Sant'Ambrogio Vescovo	parrocchiale	XVI	S	metamorfite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Masullas	Vergine delle Grazie	parrocchiale	XVI	S	calcare



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Nughedu Santa Vittoria	San Giacomo	parrocchiale	XVI	S	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Ollastra Simaxis	San Sebastiano	parrocchiale	-	S	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
-------	---------------	--------	--------	-------	-----------

Oristano

San Martino

conventuale

XVII

ST

calcare

Immagini**Luogo****Denominazione****Chiesa****Secolo****Volte****Materiale**

Paulilatino

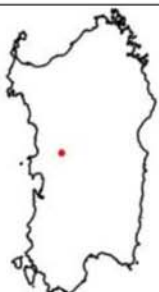
San Teodoro

parrocchiale

XVI

S

basalto

Immagini**Luogo****Denominazione****Chiesa****Secolo****Volte****Materiale**

Samugheo

San Sebastiano

parrocchiale

XVII

S

vulcanite

Immagini**Luogo****Denominazione****Chiesa****Secolo****Volte****Materiale**

Sedilo

San Costantino

campestre

XVI

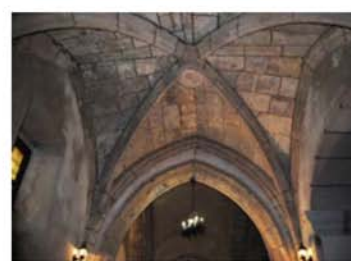
S

vulcanite

Immagini

Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Senis	San Giovanni Battista	parrocchiale	XVI	S	arenaria

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Suni	Santa Maria della Neve	parrocchiale	XVI	S	basalto

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Ula Tirso	Sant'Andrea	parrocchiale	XVII	ST	vulcanite

Immagini



2.3.5 Provincia di Nuoro

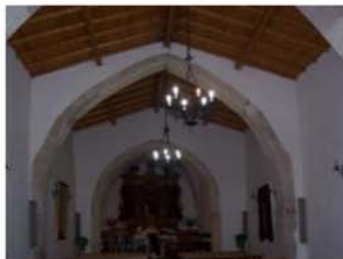
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Aritzo	San Michele Arcangelo	parrocchiale	XVII	S	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Aritzo	Sant'Antonio	campestre	XVI	S	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Atzara	Sant'Antioco	parrocchiale	XVI	S	vulcanite

Immagini

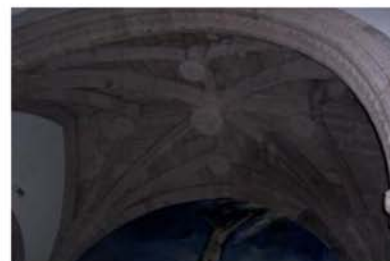
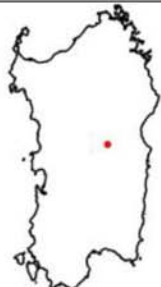


Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Austis	Maria Vergine Assunta	parrocchiale	XVI	S	vulcanite

Immagini



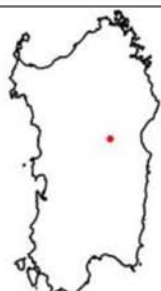
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Fonni	San Giovanni Battista	parrocchiale	XVII	ST	vulcanite



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Gavoi	San Gavino	parrocchiale	XVI	S+ST	vulcanite



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Mamoiada	Santa Croce	chiesa	XVII	S	dipinta



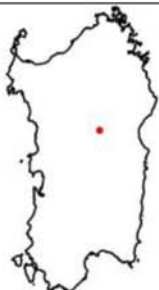
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Olzai	Santa Barbara	chiesa	XIV	S	vulcanite



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Olzai	Sant'Anastasio	chiesa	XVI	S	vulcanite



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Orani	Nostra Signora d'Itria	chiesa	XVII	S	dipinta



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Osidda	Sant'Angelo	parrocchiale		ST	dipinta



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Ovodda	San Giorgio	parrocchiale	XVII	S	intonaco e stucco



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sarule	Nostra Signora di Gonare	campestre	XVII	S+ST	vulcanite



2.3.6 Provincia di Sassari

Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Alghero	Santa Maria	cattedrale	XVI	S+P	arenaria

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Alghero	San Francesco	conventuale	XIV	S+ST+P	arenaria

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Benetutti	Sant'Elena	parrocchiale		S	basalto

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Bessude	San Martino	parrocchiale		S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Bono	San Michele Arcangelo	parrocchiale	XVI	S+ST	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Bonorva	Natività di Maria	parrocchiale	XVI	S	vulcanite

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cargeghe	San Quirico e Giuditta	parrocchiale		S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Castelsardo	Sant'Antonio Abate	cattedrale	XVI	S	vulcanite

Immagini



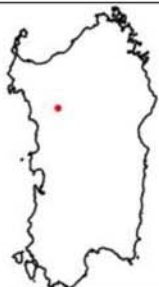
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cheremule	Arcangelo Gabriele	parrocchiale	XVI	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Cossoine	Santa Chiara	parrocchiale	XVI	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Giave	Sant'Andrea	parrocchiale	XV	S	calcare

Immagini



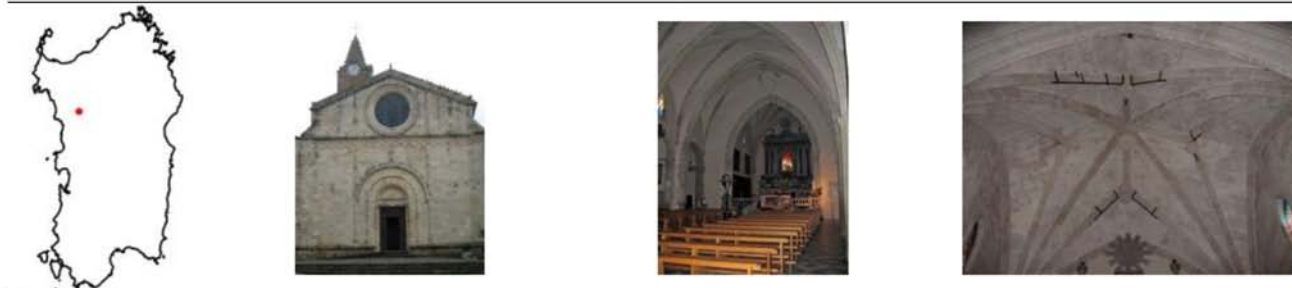
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Martis	San Pantaleo	campestre		S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Pozzomaggiore	San Giorgio	parrocchiale	XVI	S+ST	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Romana	Santa Maria degli Angeli	parrocchiale	-	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sassari	Sant'Agostino	chiesa	XVI	S	calcare

Immagini



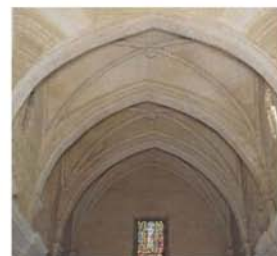
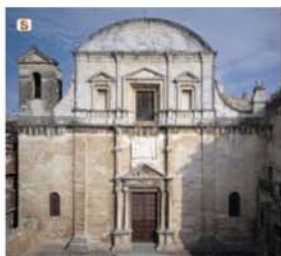
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sassari	Santa Maria di Betlem	conventuale	XVI	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sassari	Santa Caterina	conventuale		S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sassari	San Pietro di Silki	conventuale	XV	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sassari	San Nicola	cattedrale	XV	S	calcare

Immagini



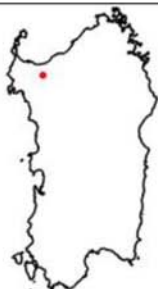
Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sassari	San Giacomo	campestre	XVI	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sassari	San Francesco	conventuale	XVI	S	intonaco

Immagini

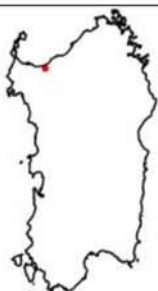


Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sedini	Sant'Andrea	parrocchiale	XVI	S	calcare



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Sorso	Santa Croce	oratorio	XVI	S	calcare

Immagini



Luogo	Denominazione	Chiesa	Secolo	Volte	Materiale
Thiesi	Santa Vittoria	parrocchiale	XV	S+P	calcare

Immagini



3 LE VOLTE NERVATE TARDOGOTICHE

3.1 DIFFUSIONE E VARIANTI: EUROPA, SPAGNA, SARDEGNA

3.1.1 Volte tardo gotiche in Europa

Uno degli obiettivi principali nella costruzione di un edificio è quello di coprire lo spazio delimitato dai muri. I sistemi utilizzati sono vari, ma quelli più antichi possono essere ricondotti facilmente a pochi schemi costruttivi: il trilito e l'arco da cui derivano volte e cupole. Nel periodo medievale, in Europa, la volta era il sistema usato più di frequente. Essa si diffuse in tutto il continente sviluppando varianti tali da divenire l'elemento più caratterizzante dell'architettura gotica. L'evoluzione della costruzione delle volte nelle diverse varianti diffuse sul territorio europeo fu accompagnata da uno sviluppo delle tecniche e procedure adoperate per la loro esecuzione¹.

I principi artistici e strutturali trovano espressione simultanea in ogni passo del progresso dell'arte dei costruttori. Le invenzioni meccaniche e il sentimento estetico contribuirono alla crescita dell'architettura e all'evoluzione dei sistemi costruttivi. Per questo motivo, il movimento gotico, sebbene sia affascinante per la sua organizzazione spaziale, lo è ancora di più come espressione d'arte². Obiettivo dei costruttori era quello di raggiungere, attraverso la costruzione, una espressività dell'architettura tale da trasmettere la spiritualità del luogo. Per ottenere tale risultato vennero affrontati diversi passaggi che, in un lungo arco di tempo e con progressivi aggiustamenti e modifiche, permisero di raggiungere gli obiettivi desiderati.

Elementi certamente caratterizzanti di questo vocabolario di forme che si sono sviluppate nel periodo gotico, sono gli archi a sesto acuto, i contrafforti, le nervature. In definitiva le volte e gli

elementi necessari a che esse potessero assolvere al compito di coprire e delimitare lo spazio interno. Nel gotico che più spesso viene alla mente si ritrovano immagini degli edifici francesi e in generale centro e nord europei. Tuttavia le declinazioni del gotico, l'uso e l'interpretazione della copertura voltata hanno tante varianti, spesso legate al diverso sentimento delle popolazioni dell'area geografica in cui venivano realizzate. Questo è ancora più vero nel periodo tardo, quando in ciascuna regione europea si svilupparono caratteri peculiari nella scelta delle coperture e dell'organizzazione degli spazi interni.

Nel corso di cinque secoli, architetti e costruttori svilupparono un incredibile vocabolario di forme per le volte gotiche delle loro chiese, che oggi rappresentano il coronamento della tecnica costruttiva in pietra. Facendo propri e superando i concetti costruttivi delle cupole, delle volte a botte e delle volte a crociera del periodo romano e romanico, le volte nervate del primo gotico si evolvono nel dodicesimo secolo, rivoluzionando il modo di coprire lo spazio. Nel periodo del gotico maturo del tredicesimo e quattordicesimo secolo, architetti e costruttori sperimentarono numerose variazioni nella composizione della volte e, alla fine, la fioritura del tardo gotico nel quindicesimo e sedicesimo secolo mostra un incremento nella complessità e nella decorazione delle volte.

La complessità del tardogotico si può comprendere nella sua totalità e varietà solamente se prendiamo in considerazione il momento in cui compaiono il Flamboyant" in Francia (Fig.1a), il "Perpendicular Style" in Inghilterra (Fig.1b), il "Sondergothik" in Germania (Fig.1e), lo "Stile Manuelino" in Portogallo (Fig.1d), lo "Stile Hispano-Flamenco" in Spagna

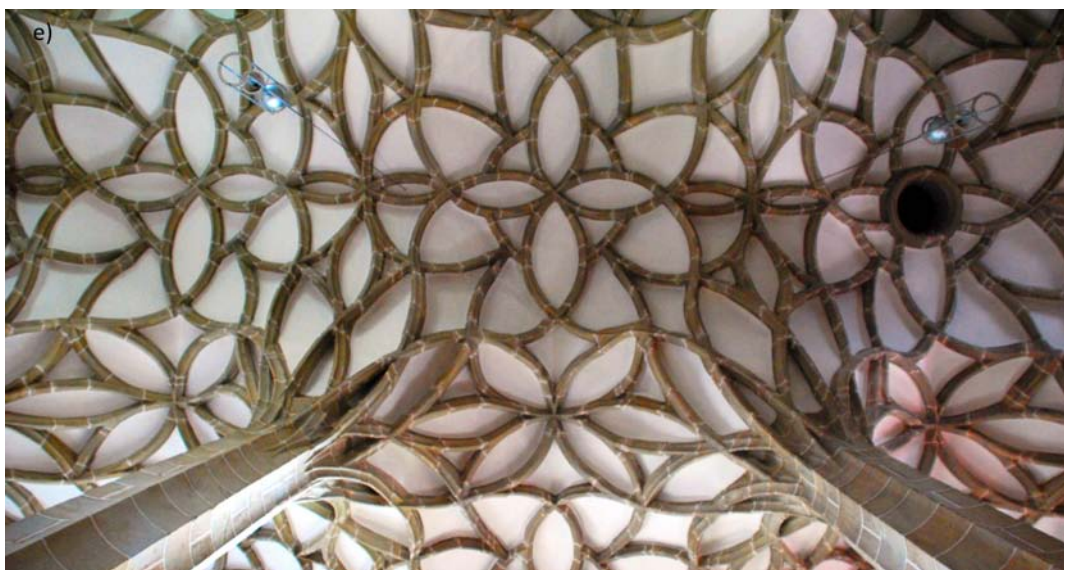
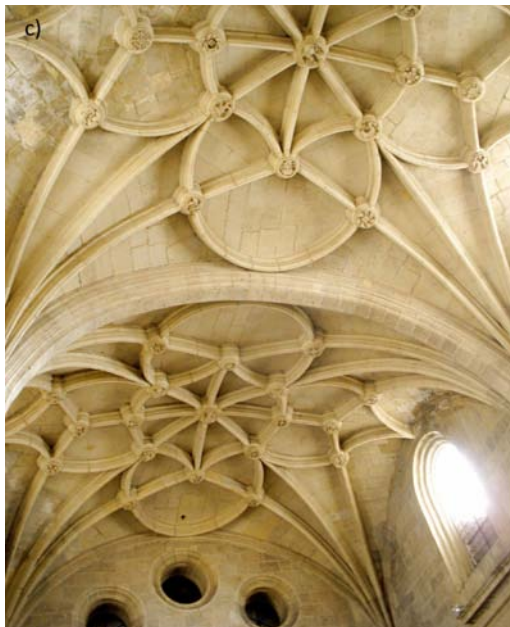
Fig.1 - a) Chiesa di San Gervasio, Parigi (XV-XVI secolo)³.

b) Cappella del King's College, Londra (1512-15)⁴.

c) Cattedrale di Santa Maria, Segovia (1525-1577)⁵.

d) Monastero di Jerónimos, Lisbona (XVI secolo)⁶.

e) Chiesa di Santa Maria, Königswiesen (Austria) (1520)⁷.



(Fig.1c), senza trascurare il tardogotico italiano. Si tratta di un fenomeno di evoluzione e rinnovamento che attraversò l'intera Europa nella metà del XV secolo. Nel "Perpendicular Style" la fase curvilinea del gotico precedente lascia il passo a una nuova architettura caratterizzata da sottili nervature verticali che salgono da terra e proseguono in orizzontale creando una trama di volte a ventaglio assai complesse. Sviluppatesi tra il 1335 e il 1485 produsse esempi significativi nella cappella del King's College a Cambridge, nell'Abbazia di Bath e nella cattedrale di Gloucester. L'elemento caratterizzante di questa architettura inglese fu la volta a ventaglio. Al contrario l'architettura del continente si basò sulle forme curvilinee che si svilupparono in Francia e Germania e diedero luogo alle volte a crociera e quelle a rete. In Francia dalle prime volte che insistono su aree quadrate suddivise in sei parti (volta esapartita) si passò alla volta quadripartita che diede il via alle varianti stellari che ritroviamo anche nel gotico spagnolo e sardo.

Le volte del gotico venivano realizzate con particolare attenzione alla curvatura degli archi longitudinali, trasversali e diagonali che costituivano le nervature. La volta gotica nacque dalla necessità, tra le altre

cose, di economizzare la quantità di materiale impiegato sia nella costruzione della volta vera e propria sia nella predisposizione delle opere di cantiere necessarie alla sua costruzione. Essa è un'evoluzione della volta a crociera, intesa, come intersezione di volte a botte a tutto sesto perpendicolari tra loro. La costruzione di tali volte richiedeva notevole lavoro sia dal punto di vista della predisposizione delle centine sia per quanto riguarda in modo specifico il taglio della pietra, inoltre necessitava di una gran quantità di materiale. Per questo motivo le tecniche costruttive si concentrarono sul problema della zona in cui le due unghie si incontrano, area in cui le pietre devono essere tagliate con maggiore attenzione. Innanzitutto, si cercò di cambiare la forma ellittica dell'incontro tra le due unghie in una forma circolare, in modo che fosse più semplice predisporre le centine. Inoltre, considerato che realizzare la pietra d'incrocio delle due unghie è problematico, specie nel caso in cui la superficie da coprire non è quadrata, si sperimentarono altre vie. La nervatura nacque, infatti, tra le altre cose, per nascondere la giunzione tra le unghie e assorbire una parte delle sollecitazioni. In questo modo fu possibile ridurre lo spessore della volta e alleggerire il peso

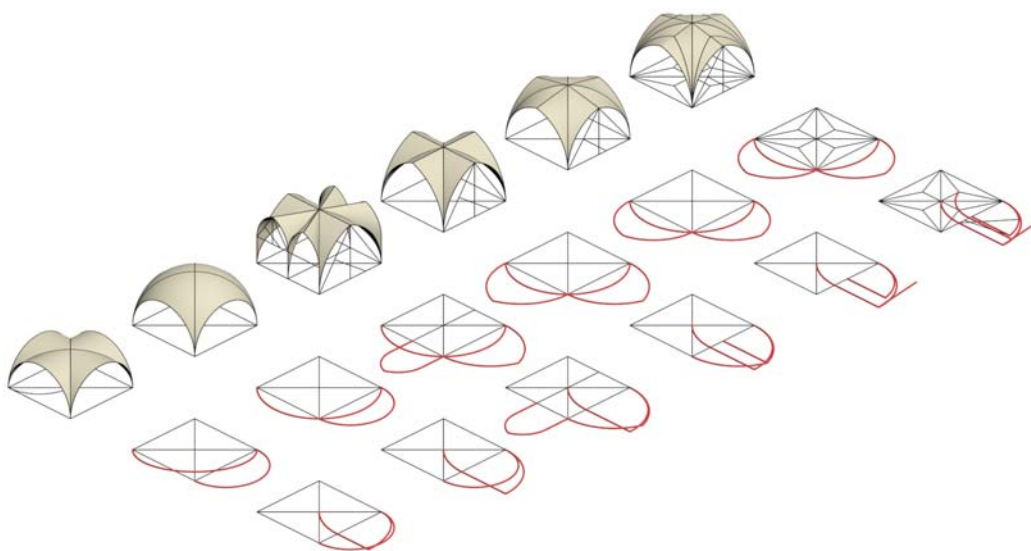


Fig.2 - Evoluzione nel tempo delle coperture voltate. Volta a crociera derivata dall'intersezione tra due volte a botte semicilindriche. Compromesso tra la volta a crociera e la volta a vela in modo che la sezione lungo la diagonale non fosse ellittica. Scelta dell'arco a sesto acuto per coprire lo spazio: volta esapartita e volta quadripartita. Suddivisione ulteriore dello spazio da coprire con la predisposizione delle nervature secondarie e la realizzazione della volta stellare.

sulle murature. Il carico finiva sui pilastri e consentiva l'apertura delle grandi finestre⁸. Ad ulteriore evoluzione del sistema comparvero le volte stellari in cui venivano aggiunte nervature secondarie per suddividere ulteriormente la luce da coprire. Le volte stellari iniziarono a diffondersi nel XIV secolo, nel periodo del gotico maturo (Fig.2). In ogni caso la descrizione proposta è un modo semplificato di ragionare sull'evoluzione della copertura volta che assume maggior significato solo se si considera che il sistema costruttivo elaborato, in realtà, non si riduce alla sola soluzione di coprire spazi a pianta quadrata o rettangolare, ma si evolve e si adatta alla copertura di piante di forma qualunque ed in particolare trapezia e poligonale nelle soluzioni spettacolari di molti absidi.

3.1.2 Tipi volumetrici: volte stellari, volte a rete, volte a ventaglio.

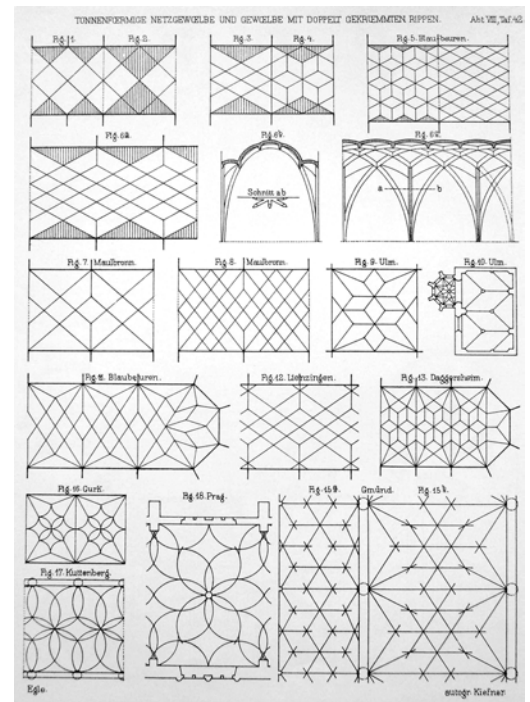
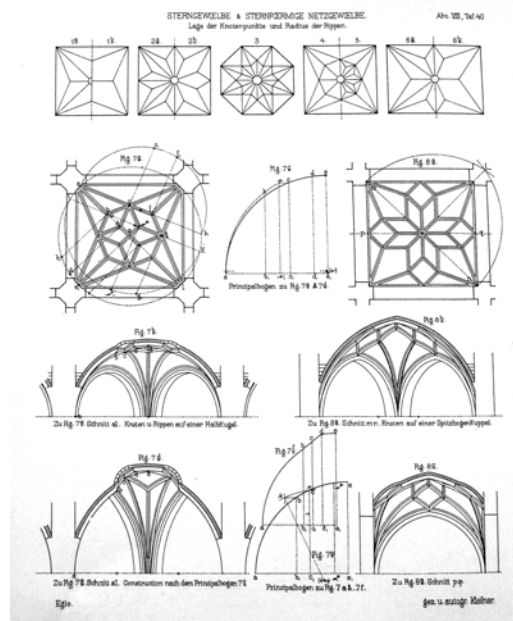
I due grandi gruppi in cui si possono distinguere le volte nervate sono quelli che comprendono le volte che sviluppano il loro disegno da un punto centrale, e quelle che risultano concatenate tra loro senza soluzione di continuità cioè le volte reticolari. Nel primo gruppo il disegno del-

la volta si sviluppa a partire dalla chiave centrale e copre uno spazio definito da archi d'imposta che scandiscono il ritmo della costruzione (Fig.3a). Nel secondo caso gli archi diaframma scompaiono e la volta si potrebbe sviluppare per una lunghezza indefinita. Le nervature sono intrecciate tra loro e proseguono per l'intera lunghezza dell'area da coprire (Fig.3b). Un terzo tipo di volta gotica è la volta ventaglio inglese *fan vault* che ha forma e schema costruttivo del tutto differente dalle altre due tipologie.

Per quanto riguarda, in modo specifico, le volte stellari, dal punto di vista della geometria della volta si può partire dalle considerazioni di Cavallari Murat che propose una classificazione delle volte a crociera secondo la suddivisione dell'angolo formato tra i lati degli archi d'imposta¹⁰. All'aumentare della suddivisione dell'angolo la volta si trasforma da crociera semplice a volta a ventaglio. Il rapporto $\alpha/2$ è quello della crociera semplice, il rapporto $\alpha/4$ è quello delle volte stellari propriamente dette che hanno appunto nella proiezione in pianta una conformazione a stella.

La proiezione in pianta dei costoloni della volta stellare si traccia generalmente su-

Fig.3 - Egle⁹: tavole sulle diverse tipologie di volte gotiche stellari (a) e reticolari (b).



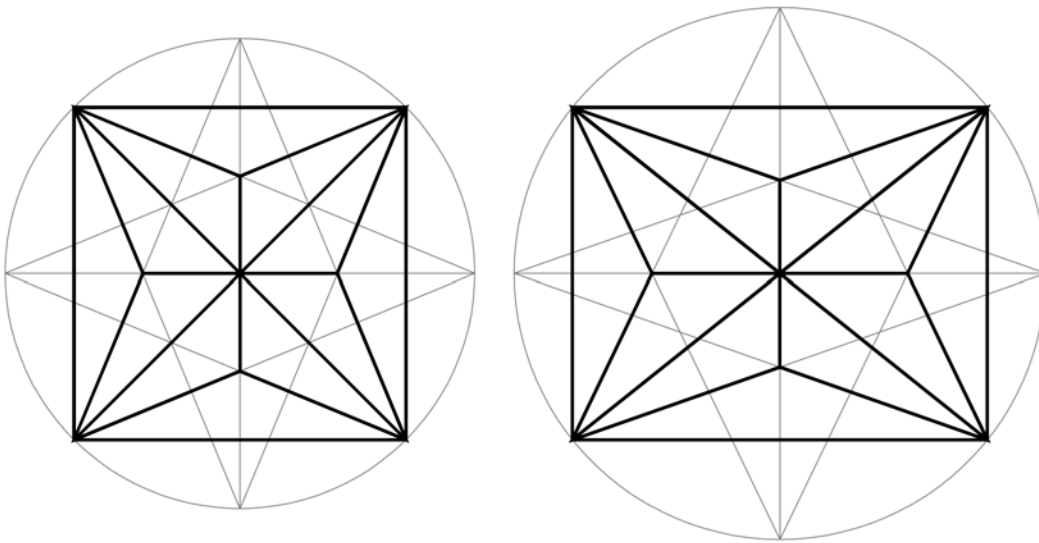


Fig.4 - Tracciamento geometrico delle nervature su pianta quadrata e rettangolare.

dividendo l'angolo α in quattro parti uguali, dunque le nervature secondarie si trovano secondo la bisettrice dell'angolo tra le proiezioni orizzontali dell'arco d'ogiva e dell'arco d'imposta. Per trovare la proiezione delle nervature secondarie si può ricorrere ad una costruzione che enfatizza il concetto di stella. Si utilizzano il cerchio circoscritto all'area da coprire e gli assi di simmetria verticale e orizzontale (Fig.4). Tracciando i segmenti che congiungono i vertici del rettangolo con i punti individuati sul cerchio dagli assi di simmetria orizzontale e verticale si ottiene la traccia della nervatura secondaria (*tiercerón*).

3.1.3 Il gotico catalano e il tardo gotico spagnolo.

Nel quindicesimo secolo le caratteristiche del taglio della pietra in catalogna erano ben definite. Le volte nervate erano costruite correntemente con uno stile semplice e senza particolari ornamenti. La volta tra le nervature era realizzata con conci di pietra da taglio accuratamente scolpiti. Non si ricorreva all'uso di elementi irregolari come era invece prassi costruttiva consolidata in altre parti d'Europa.

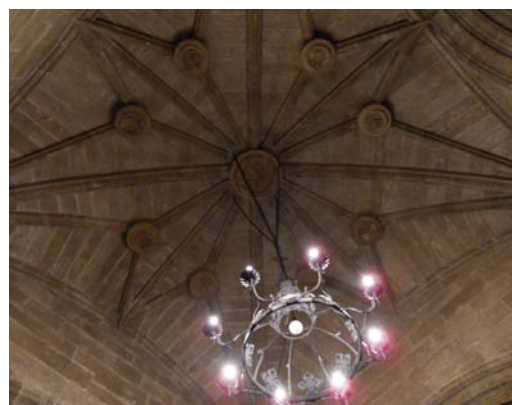
Il manoscritto del maiorchino Joseph Gelabert "de l'Art del Picapedrer " datato 1653 spiega tra le altre cose come si procedeva all'apparecchiatura della volta.

In particolare si sofferma su come andava realizzata la parte compresa tra le nervature. Per quanto è dato sapere, il trattato di Galabert è l'unica fonte originale che parla dell'apparecchiatura delle unghie tra le nervature delle volte gotiche. Il passaggio che tratta delle volte nervate, che erano assai diffuse in quel periodo, è particolarmente significativo. La vela è descritta come costituita da pezzi interi di pietra che occasionalmente erano divisi in due come quelli della Lonja di Palma di Majorca (Fig.5). Da un punto di vista della stereotomia Gelabert utilizza un metodo semplice. Spiega che prima si taglia la pietra dandogli la forma di un concio rettilineo poi gli si dà la necessaria curvatura. Il risultato tuttavia è molto simile a quello di un bugnato classico ben apparecchiato piuttosto che quello di una serie di conci di forma irregolare¹¹.

Le volte nervate catalane sono sicuramente quelle più simili a quelle sarde. Tuttavia, occorre soffermarsi anche sulle costruzioni dell'area di Valencia in cui la diffusione delle volte stellari e con altre varianti appare più marcata.

L'evoluzione dell'architettura gotica in Spagna può essere letta attraverso la progettazione di volte nervate sempre più complesse. In tal senso è possibile notare, specie nel gotico castigliano, un progressivo aumento delle nervature e delle chiavi che vanno a costituire disegni sempre

Fig.5 - Dettaglio della Lonja di Palma de Majorca¹² (a destra) e La Lonja de la seda a Valencia (a sinistra).



più complessi. Il modello più frequente è la volta a crociera con cinque chiavi. A partire da essa furono sviluppate una gran quantità di composizioni più complesse. Nonostante l'aumento della complessità è stato notato che tutte queste volte seguono come regola generale quella di utilizzare, per la realizzazione delle nervature archi tracciati con il compasso il cui centro si trova sulla linea d'imposta della volta¹³. In questo modo la gestione delle centine e la costruzione di più volte simili è notevolmente semplificata.

Gli schemi geometrici utilizzati per le volte spagnole sono estremamente vari e complessi. Essi vanno da quelli più semplici delle volte catalane in cui la proiezione in pianta delle nervature è quasi sempre rettilinea a quelli delle altre regioni della Spagna in cui la proiezione in pianta delle nervature è spesso mista di tratti rettilinei e curvilinei. Le volte sono generalmente rialzate con archi d'imposta ogivali ma non mancano anche i casi in cui gli archi d'imposta sono ribassati a tre centri¹⁴.

3.1.4 La Sardegna.

Come evidenziato dal censimento delle chiese sarde che conservano volte gotiche, i cui risultati sono stati evidenziati nel precedente capitolo, la costruzione della volta secondo i canoni importati dalla Catalogna è prassi profondamente radicata nell'isola. Si può ipotizzare che proprio alla costruzione delle volte nervate i costruttori catalani, dedicavano maggiore attenzione ed importanza nella progettazione e realizzazione della fab-

brica. L'abbondanza di materiali adatti a tale tipo di costruzione ne ha poi favorito enormemente la diffusione. Come già accennato infatti la varietà di pietra facilmente lavorabile ha permesso di declinare la costruzione della volta nervata in ambienti molto diversi. La volta nervata è l'elemento superstite della costruzione tardogotica che nella maggior parte dei casi si trova ancora oggi intatto.

In ogni zona dell'isola i *gremi* dei *picapedrers* svilupparono tipologie particolari che si distinguono principalmente nella scelta dei dettagli. Le realizzazioni sono certamente influenzate dalle caratteristiche del materiale da costruzione impiegato, subordinate all'importanza dell'edificio e condizionate da fattori economici e pratici di diversa natura. Il censimento ha permesso di evidenziare che le tipologie più diffuse sono quelle della crociera semplice e stellare che insistono su piante quadrangolari. Tali tipi di copertura risultano i più adatti alla conformazione degli edifici sardi che sono caratterizzati da altezze piuttosto contenute e da spazi raccolti se si confrontano con le fabbriche gotiche a cui si ispiravano. La volta impostata su pianta poligonale è una soluzione utilizzata con meno frequenza e specialmente in quegli edifici di diretta impostazione catalana come il santuario di Bonaria a Cagliari e la chiesa di Padria. Una soluzione volumetrica particolare è poi quella adottata in alcune volte delle chiese di Iglesias in cui la volta poligonale viene realizzata per coprire cappelle a pianta rettangolare uti-


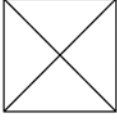
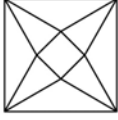
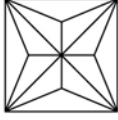
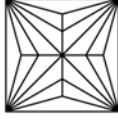
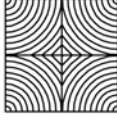
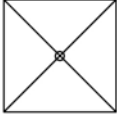
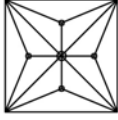
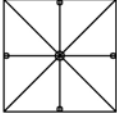
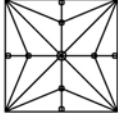
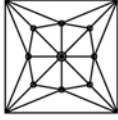
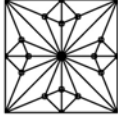
		Classificazione secondo Cavallari-Murat					
Nervature							
		α	$\alpha/2$	$\alpha/3$	$\alpha/4$	α/n	α/∞
Varianti tipologiche sarde							
							
							
							

Fig.6 - Classificazione delle tipologie di volte su base quadrata riscontrate sul territorio sardo.

lizzando un raccordo particolare.

Nelle coperture sarde, la proiezione delle nervature in pianta è sempre rettilinea, come accade nel gotico catalano e nel tardogotico spagnolo della scuola di Toledo. La volta del convento de la Santa Cruz di Segovia opera di Juan Guas ha un disegno simile alla volta più complessa documentata in Sardegna che copriva parte della navata della distrutta chiesa di San Domenico a Cagliari.

Le soluzioni adottate sono sempre quelle di un disegno semplice e che si sviluppa attorno alla chiave centrale. Si tratta sempre di volte rialzate. Le chiavi degli archi d'imposta sono sempre più in basso della chiave centrale. Solitamente la traccia in alzato della pendenza della volta è rettilinea ma non mancano i casi in cui si tratta di un arco. Questo accade specialmente nelle coperture più tarde. Non sono state censite volte a rete ossia serie di volte concatenate frequenti specialmente nel gotico centro europeo.

Analizzando in dettaglio le diverse soluzioni riscontrate durante la raccolta delle varianti delle volte sarde si possono riassumere nei tipi di cui di seguito si da una breve descrizione.

Innanzitutto si è considerata una classificazione secondo i criteri suggeriti da Cavallari Murat e precedentemente applicati da Casu e Dessi¹⁵ per le volte gotiche sarde in generale, e cioè anche per quelle realizzate in epoca giudicale. I risultati di questa classificazione sono riportati in Fig.6 che evidenzia come si trovino solo volte di tipo $\alpha/2$ e $\alpha/4$.

Sulla base di questa classificazione sono state individuate tre macro categorie in relazione alla forma della proiezione in pianta della volta e cioè: volte a crociera semplice, volte a crociera stellare, volte poligonali.

3.1.4.1 VOLTA A CROCIERA SEMPLICE SU BASE QUADRATA O RETTANGOLARE

Per questo gruppo sono stati individuati

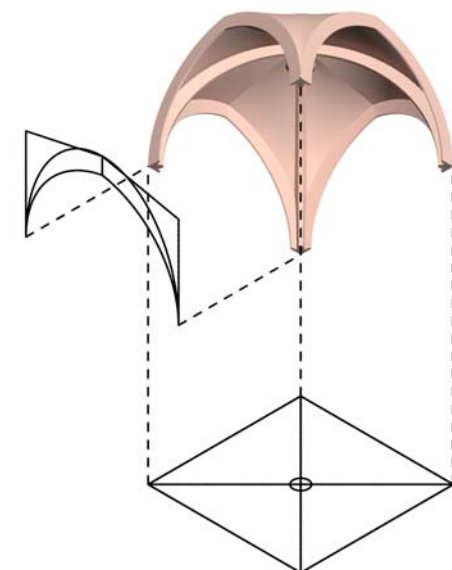
Fig.7 - Differenze nell'apparecchio della volta: a sinistra disposizione regolare dei conci a Sestu, San Giorgio (XVI secolo), cappella laterale; a destra disposizione irregolare dei conci a Elmas, San Sebastiano, (XVI secolo) cappella laterale.



tre sottogruppi in relazione alla conformazione spaziale degli archi d'imposta e delle nervature. Questo tipo di volte si trova indifferentemente nelle coperture delle aule delle cappelle e della *capilla mayor*. L'apparecchio della volta tra i costoloni è realizzato con pietre squadrate secondo la prassi catalana salvo alcuni casi particolari riscontrati in una cappella ad Elmas e in una ad Assemini in cui le pietre non appaiono tagliate cercando di conservare dimensioni standard (Fig.7).

Gruppo 1: Le caratteristiche che definiscono l'appartenenza al gruppo sono gli archi d'imposta a sesto acuto su tutti i lati della area da coprire; è leggermente rialzata, la proiezione in alzato della pendenza della volta è rettilinea salvo rari casi; i costoloni sono sempre modanati e partono da peducci lavorati; la chiave in forma di gemma pendula è l'elemento più lavorato e decorativo dell'insieme voltato.

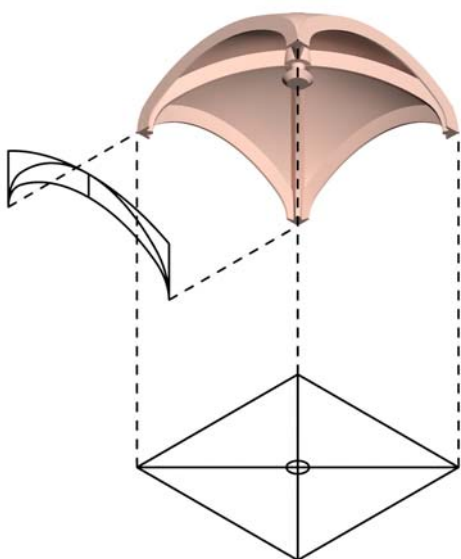
Fig.8 - Crociera semplice gruppo 1: a sinistra esempio reale Isili, San Saturnino, (XV secolo) volta del portico d'accesso alla chiesa; a destra schema volumetrico del caso teorico.



In questo sistema le unghie che compongono la volta sono costituite da superfici rigate a piano direttore verticale, (Fig.8)¹⁶ nel caso la traccia della pendenza sia rettilinea, altrimenti si tratta di superfici sferoidali.

Gruppo 2: A differenza del caso precedente gli archi d'imposta sono circolari o ribassati a tre centri. Anche questo tipo di volte sono leggermente rialzate e definite da costoloni chiavi e peducci lavorati. La proiezione in alzato della pendenza della volta è curvilinea. Per questo motivo le superfici delle unghie sono superfici sferoidali. Esempi si possono osservare nella volta del presbiterio della parrocchiale di Romana, in una cappella laterale nella parrocchiale di Ortacesus (Fig.9).

Gruppo 3: Questo schema è in tutto simile alla variante 1 in cui vengono aggiunte delle nervature che collegano la



chiave centrale con la chiave degli archi d'imposta. Quest'ultima è parte di un concio a "T" che prosegue nella nervatura e su cui è scolpita una gemma pendula decorativa che realizza il raccordo della chiave dell'arco d'imposta con la nervatura (Fig.10). In questo sistema come nel gruppo 1 le unghie che compongono la volta sono costituite da superfici rigate a piano direttore verticale nel caso la traccia della pendenza sia rettilinea, altrimenti si tratta di superfici sferoidali.

Esistono rari casi che non rientrano nei gruppi precedenti che fondono in se le caratteristiche del gruppo 1 e del gruppo 2. Sono state individuate volte di questo



Fig.9 - Crociera semplice gruppo 2: a sinistra schema volumetrico del caso teorico; a destra esempio reale Ortacesus, San Pietro (XVI secolo) cappella laterale.

tipo nelle cappelle del transetto della chiesa di san Biagio a Villasor in cui due delle unghie hanno arco d'imposta ribassato e le altre due arco a sesto acuto.

3.1.4.2 VOLTA STELLARE SU BASE QUADRATA O RETTANGOLARE

Anche in questo caso si possono distinguere le volte in tre gruppi in relazione alla disposizione dei costoloni, alla traccia delle nervature in pianta e al numero di chiavi.

Gruppo 1: Lo schema di partenza deriva i suoi caratteri da quelli indicati in precedenza per la crociera semplice. Si costrui-

Fig.10 - Crociera semplice gruppo 3: a sinistra schema volumetrico del caso teorico; a destra esempio reale Villagrega (Nuramins), San Vito (XVII secolo) volta della capilla mayor.

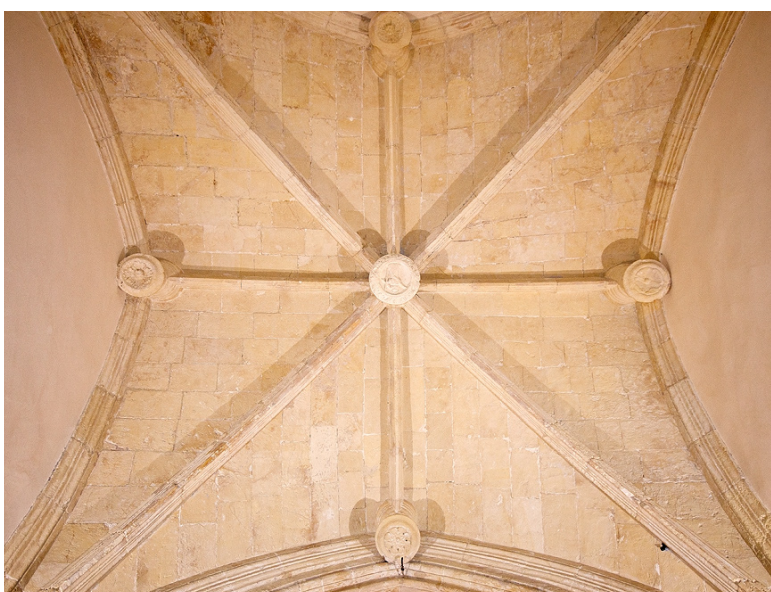
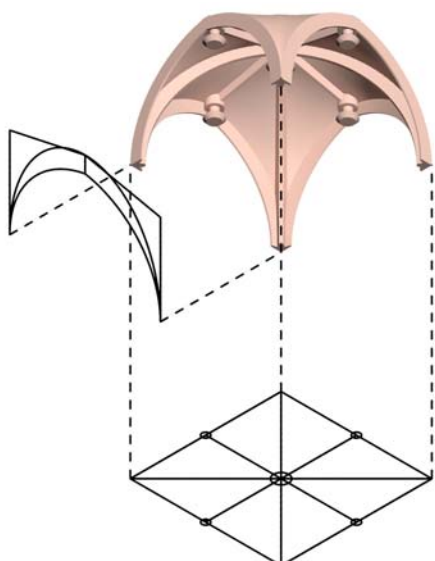
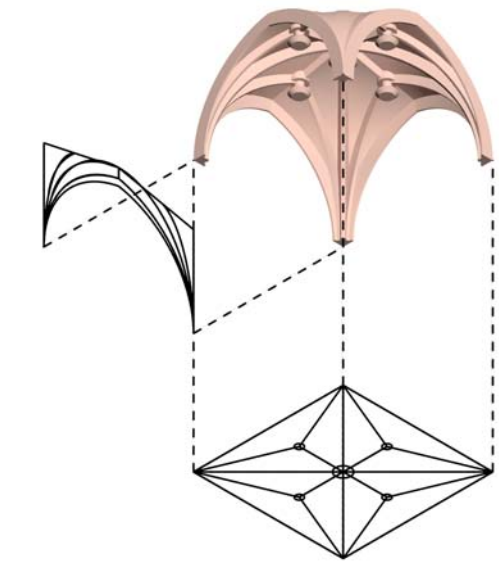




Fig.11 - Crociera stellare gruppo1: a sinistra esempio reale Ula Tirso, Sant'Andrea (XVII secolo) volta del presbiterio; a destra schema volumetrico del caso teorico nel caso la traccia della pendenza sia rettilinea.

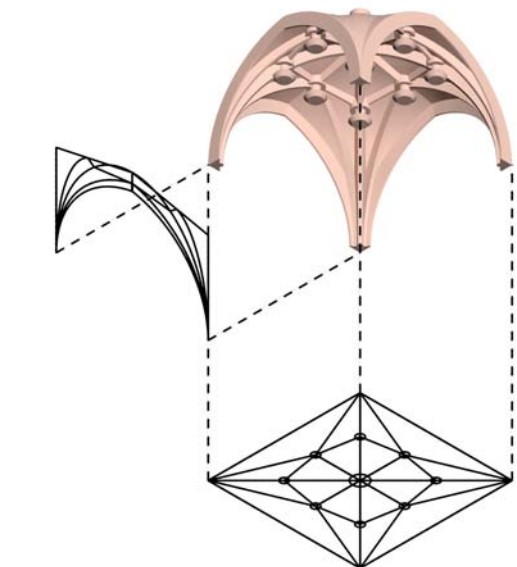
Fig.12 - Crociera stellare gruppo 2: a sinistra il caso reale, Cagliari, San Giacomo (XV secolo) volta della capilla mayor; a destra schema volumetrico del caso teorico.

va generalmente tracciando in pianta prima le nervature principali e poi le nervature secondarie come bisettrici dell'angolo formato tra la diagonale e i lati della pianta. All'incrocio tra le nervature secondarie è inserita una chiave secondaria, sempre in forma di gemma pendula, cosicché la volta possiede in totale cinque chiavi. Quelle secondarie sono connesse a quella principale tramite *liernes*. La chiave principale è sempre più grande di quelle in cui si incontrano le nervature secondarie. Le nervature secondarie (*tiercerons*) possono essere di spessore inferiore rispetto a quelle principali. Per quanto riguarda l'apparecchiatura della volta tra i



costoloni si possono riscontrare due diversi modi di disporre le pietre. In un caso esse si dispongono con la dimensione maggiore perpendicolare rispetto all'arco d'imposta e mantengono tale orientamento fino al costolone principale, nell'altro le pietre cambiano leggermente direzione in corrispondenza del costolone secondario (Fig.11).

Gruppo 2: Sono volte in cui si possono contare nove chiavi. La crociera stellata con nove gemme è presente in due soluzioni differenti per composizione delle nervature. Entrambe sono soluzioni più elaborate della crociera a cinque



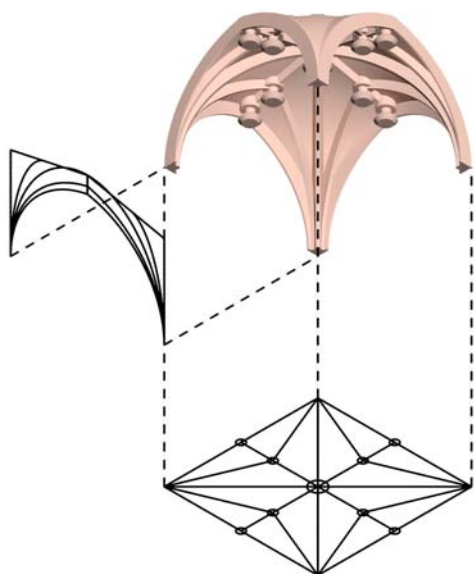


Fig.13 - Crociera stellare gruppo 2: a sinistra schema volumetrico del caso teorico; a destra il caso reale Monastir, San Pietro (XVI secolo) volta di una cappella laterale.

gemme. Una delle due soluzioni si trova in un unico caso ed è la volta della *capilla mayor* della chiesa di San Giacomo a Cagliari (Fig.12). Le quattro gemme che completano il disegno si trovano nell'incrocio tra le nervature di completamento, e le nervature principali. Nel secondo caso, anch'esso riscontrato una sola volta nella chiesa di San Pietro a Monastir (Fig.13) le quattro gemme in più si trovano nei pressi della chiave dell'arco d'imposta come nel caso della crociera semplice con cinque gemme.

Gruppo 3: Un caso particolare di volta stellare, di cui sono rimaste solo le tracce

in un disegno interpretativo e in alcune foto d'epoca è quello della volta stellare a diciassette gemme che copriva la navata della chiesa di San Domenico a Cagliari andata distrutta durante la seconda guerra mondiale a causa dei bombardamenti del 1943 (Fig.14).

3.1.4.3 VOLTA POLIGONALE

La volta poligonale è meno frequente e si presenta in due gruppi diversi di cui uno localizzato geograficamente in due chiese di Iglesias e nella perduta chiesa di San Francesco a Cagliari.

Gruppo 1: A questo gruppo appartengono

Fig.14 - Crociera stellare gruppo 3: a sinistra schema volumetrico del caso teorico; a destra il caso reale Cagliari, San Domenico (XV secolo)¹⁷.

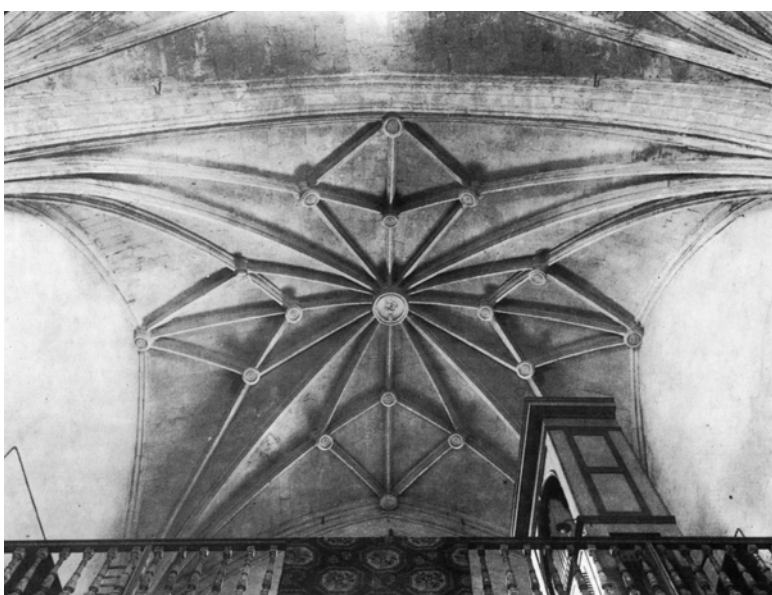
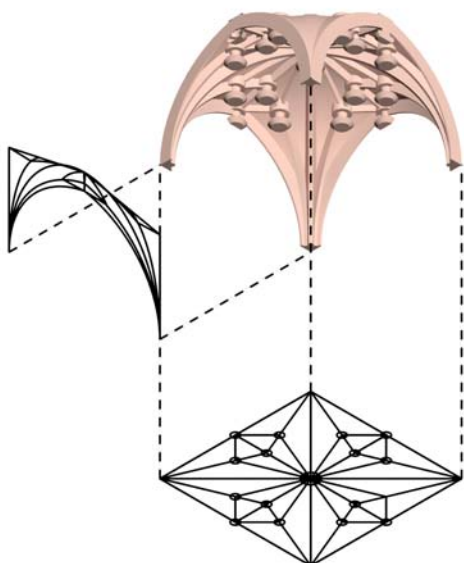


Fig.15 - Volta poligonale gruppo1: a sinistra Cagliari, Santa Maria cappella (XIV secolo); a destra Padria, Santa Giulia (XVI secolo).



le volte progettate e realizzate per coprire un ambiente di pianta poligonale, in particolare la capilla mayor. Esempi si possono osservare nella copertura dell'abside del Santuario di Bonaria a Cagliari e della chiesa di Santa Giulia a Padria. In queste volte la chiave è rialzata rispetto a quelle degli archi d'imposta ogivali sui lati del poligono (Fig.15).

Gruppo 2: A questo gruppo appartengono le volte poligonale che insistono su base rettangolare. Esse sono localizzate nelle sole chiese di Iglesias e precisamente di Santa Maria di Valverde e di San Francesco (Fig.16). Il raccordo tra la parte voltata poligonale e la parte rettangolare viene realizzata con un tipo di piccola volta su base triangolare. Questa solu-

zione di volta su base triangolare si può trovare in numerosi casi di epoca successiva utilizzata in sostituzione dei penacchi sferici in molti chiese con cupola su base ottagonale (Fig.17).

3.1.4.4 POSIZIONE DELLE VOLTE ALL'INTERNO DELLA FABBRICA

Le volte nervate sono utilizzate in diversi modi all'interno della chiesa tardogotica sarda. Le soluzioni più elaborate, ed in particolare quelle su pianta poligonale, sono dedicate alla copertura delle cappelle, siano esse il presbiterio o laterali. Le volte a crociera semplice o stellare a cinque gemme sono impiegate per la copertura di spazi a pianta quadrata o rettangolare, indifferentemente, all'interno della fabbrica, sia nelle cappelle sia nella navata. In

Fig.16 - Volta poligonale gruppo2: Iglesias, San Francesco (XVI secolo) capilla mayor.

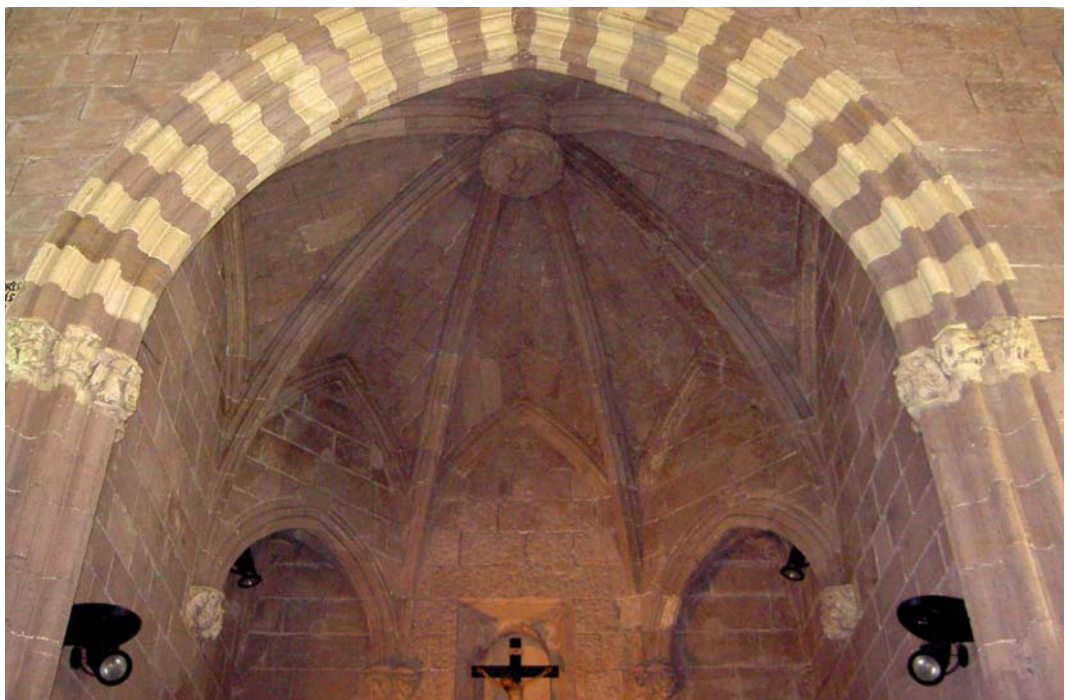




Fig.17 - Senorbì, santa Barbara (XVII secolo) volte di raccordo della cupola ottagonale.

alcuni casi, più rari, insistono su vani a pianta trapezoidale. In questi casi è più frequente l'uso della crociera semplice, ma anche la crociera stellare è stata utilizzata nella copertura di piante trapezoidali come nel caso della chiesa della Purissima a Cagliari. La figura 18 riassume l'utilizzo delle varianti su pianta quadrangolare all'interno della fabbrica. Si può così osservare come le volte a crociera, oltre ad essere quelle più diffuse, sono anche le più versatili. L'uso delle volte per la copertura delle navate è meno frequente che nella copertura delle cappelle. In particolare, le volte stellari si possono osservare solo nella chiesa di

sant'Eulalia a Cagliari e nella cattedrale di Santa Chiara a Iglesias, dato che quella di San Domenico non è più in piedi. In tabella 1 si riporta il riepilogo delle chiese con aula coperta da volte nervate. Osservando i dati si può notare che tali fabbriche si trovano principalmente nelle città. A queste si aggiungono le chiese del Logudoro. In questa regione si può, infatti, individuare un tipo di chiesa tardogotica con caratteristiche particolari tra cui: la facciata a capanna, i portali gigliati che ai motivi catalani affiancano la riproposizione di motivi più arcaici, l'aula coperta con volte a crociera semplice con nervature modanate e gemma pendula in

Capilla mayor					
Navata					
Cappelle					

Fig.18 - Diversi schemi di nervature impiegate nella copertura della capilla mayor, della navata e delle cappelle.

Tabella 1 - Elenco delle chiese in cui l'aula è coperta con volte a crociera semplice o stellare.

Comune	Provincia	Chiesa	Copertura aula
Bonorva	SS	Natività di Maria	volte nervate S
Cagliari	CA	San Domenico	volte nervate ST
Cagliari	CA	Santa Maria del Monte	volte nervate S
Cagliari	CA	Cappella Aymerich	volte nervate S
Cagliari	CA	Santa Lucia	volte nervate S
Cagliari	CA	Sant'Eulalia	volte nervate ST
Cagliari	CA	La Purissima	volte nervate S
Iglesias	CI	Santa Chiara	volte nervate ST
Padria	SS	Santa Giulia	volte nervate S
Pozzomaggiore	SS	San Giorgio	volte nervate S
Castelsardo	SS	Sant'Antonio	volte nervate S
Sassari	SS	San Nicola	volte nervate S
Sassari	SS	Santa Maria di Betlem	volte nervate S
Sassari	SS	Sant'Agostino	volte nervate S
Sassari	SS	San Francesco	volte nervate S
Thiesi	SS	Santa Vittoria	volte nervate S
Sennori	SS	San Basilio Magno	volte nervate S
Sassari	SS	Santa Caterina	volte nervate S

chiave, i presbiteri e le cappelle variamente coperti. La volta stellare si conferma invece variante del sud Sardegna non solo nelle cappelle ma anche per la copertura dell'aula.

3.2 L'APPARECCHIO DELLA VOLTA NERVATA TARDOGOTICA SARDA

3.2.1 Prassi costruttive e confronto con la volta codificata nei trattati rinascimentali spagnoli.

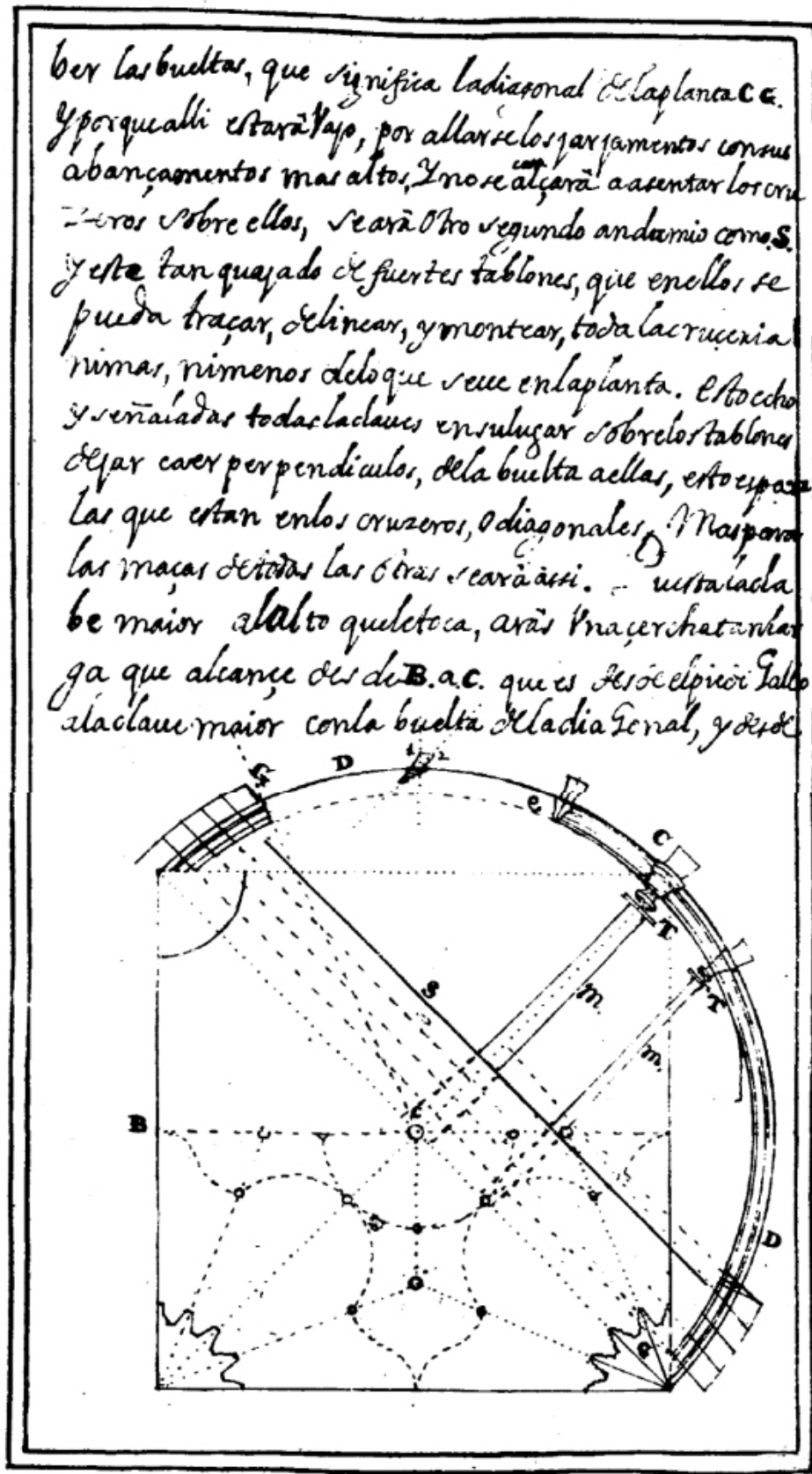
E' noto che le basi della geometria descrittiva presero il via in forma empirica per opera dei costruttori del tardo gotico e del Rinascimento. In particolare, alcune importanti nozioni, quali ad esempio il disegno in pianta e alzato e la ricerca della vera forma, sono strettamente legate al taglio della pietra e ai principi di stereotomia codificati nei trattati del XVI secolo e successivi¹⁸.

Mentre nel Rinascimento italiano si riscopriva la cultura costruttiva dei classici, in Spagna e in altre parti d'Europa il rinnovamento avveniva passando attraverso il gotico. La codifica della costruzione della *bóveda de cruceria* è uno dei passi fondamentali dei trattati di costruzione spagnoli nel XVI secolo. I disegni e le spiegazioni in essi raccolte sono il risultato della trascrizione di prassi

costruttive consolidate nei secoli precedenti, maturate all'interno dei *gremi* dei muratori. Questi trattati forniscono una soluzione moderna per la costruzione della volta a crociera, che viene realizzata con spettacolari varianti nelle diverse regioni della Spagna. Oltre al già citato trattato di Joseph Gelabert sono di fondamentale importanza, per comprendere il modo di realizzare le volte i tre trattati di Alonso de Vandelvira, Hernan Ruiz e Rodrigo Gil, architetti coetanei che vissero e operarono tra la fine del regno di Carlo V e l'inizio di quello di Filippo II (metà del XVI secolo).

Le volte costruite in Sardegna furono realizzate in contemporanea o posteriormente alla stesura di tali trattati. Esistono, tuttavia, anche un gran numero di volte realizzate in date precedenti. L'osservazione diretta e la misurazione hanno permesso di trovare notevoli affinità tra le volte ancora in opera e le modalità di progettazione ed esecuzione illustrate nei trattati su citati. Questa corrispondenza si può riscontrare anche nelle volte antecedenti la stesura dei trattati, cosicché è chiaro che quanto illustrato dai diversi autori è il risultato di lunga esperienza dei costruttori, maturata nel corso del tempo all'interno dei *gremi* dei muratori e scarpellini.

Fig.20 - Rodrigo Gil de Hontanon: schema in pianta e alzato della costruzione della volta.



25.

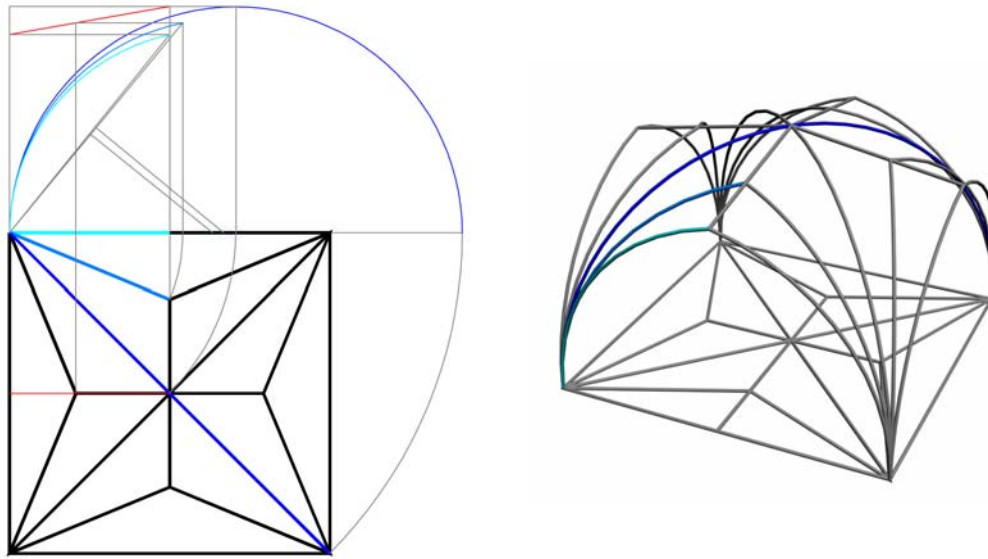


Fig.21 - Schematizzazione in pianta e alzato delle tracce delle nervature della volta a crociera sarda.

mensionamento delle nervature. In particolare, nel trattato di Rodrigo Gil di cui si riporta una significativa illustrazione (Fig.19) il dimensionamento segue un criterio che lega i vari elementi di una volta a crociera stellare con cinque gemme di chiave, allo spessore delle dita di una mano. Il pollice è l'arco *perpiaño* (arc-doubleau) ossia l'arco d'imposta delle volte. Il medio fornisce lo spessore della nervatura principale (la diagonale); l'indice la nervatura secondaria (tierceron); l'anulare le nervature di collegamento (liernes) e il mignolo la dimensione degli archi d'imposta che risultano incastrati nella muratura portante (former) e non liberi come nel caso del *perpiaño*. Il testo fornisce un commento in cui sono specificate le proporzioni delle varie parti in relazione alla luce da coprire, supponendo una pianta quadrata e suggerendo i dovuti aggiustamenti nel caso l'area da coprire sia differente. Archi trasversali $1/20$, nervature diagonali $1/24$, tiercerons $1/28$, formeres $1/30$ del lato del quadrato da coprire.

La volta proposta da Rodrigo Gil ha le nervature diagonali che descrivono un semicerchio. Nel testo viene spiegato che la volta veniva costruita realizzando dapprima i conci di avvio della volta, che si sistemano incastrati nella muratura ver-

ticale, ossia la porzione comunemente denominata *tas-de-charge*. Sulle sporgenze dei conci del *tas-de-charge*, all'altezza delle reni, si disponeva una piattaforma sulla quale di sistemavano di puntelli che reggevano la chiave. Quindi a partire dalla chiave venivano posizionate le centine per la costruzione delle nervature. L'ultima fase della costruzione riguardava il riempimento delle parti tra le diverse nervature.

Negli altri trattati indicazioni simili vengono fornite per il tracciamento degli archi delle diverse modanature. Ciò che differisce è la traccia in pianta delle nervature che sono esclusivamente rettilinee.

In generale tali trattati codificano la prassi costruttiva gotica. I maestri muratori gotici, a differenza di quelli classici, costruivano le loro volte realizzando dapprima i costoloni, cosicché concepirono la volta come un sistema di nervature autonome che permettevano di suddividere lo spazio da coprire in porzioni. Le nervature erano pensate come la maglia su cui vanno a poggiare le volte²¹.

Da un punto di vista geometrico la traccia teorica della volta a crociera stellare sarda è quella riportata in figura 21. Essa differisce da quella dei trattati per alcune differenze relative alla traccia sul piano verticale della pendenza della volta. La

traccia è generalmente rettilinea, mentre nei trattati si fa sempre riferimento a tracce curvilinee. Sul piano verticale che contiene la traccia della pendenza sono stati ribaltati sia il piano contenente la nervatura diagonale che il tierceron in modo da confrontare i centri di curvatura delle diverse parti. Era questo il modo delle *proiezioni associate*²² utilizzato per definire la curvatura delle diverse parti in relazione all'area da coprire.

3.2.2 Componenti dell'apparecchio voltato

La volta a crociera semplice o stellare, e in modo analogo anche quella poligonale, è vincolata a poche regole costruttive dettate dalle modalità di taglio della pietra. Alcuni elementi sono fondamentali nella composizione della struttura e in particolare le chiavi e i conci di avvio che costituiscono la parte compresa tra l'imposta e le reni dei diversi archi delle nervature.

Osservando con attenzione, si possono rilevare le seguenti particolarità ricorrenti

nella maggior parte dei casi delle volte che insistono su piante quadrate e rettangolari. L'imposta dei costoloni è nascosta dalla presenza dei peducci lavorati. Il concio del peduccio è il punto al disopra del quale si dipartono i costoloni. Il concio immediatamente al di sopra del peduccio contiene l'avvio dei costoloni. La ramificazione delle nervature prosegue al di sopra utilizzando sempre un unico concio lavorato fino all'altezza delle reni. Viene così costituito il *tas-de-charge* (Fig.22) da cui si separeranno le singole nervature. I ricorsi tra i vari conci, compresi tra l'imposta e le reni, sono orizzontali. Superata tale quota ciascun costolone prosegue indipendentemente uno dall'altro e i diversi elementi sono tagliati secondo le regole della stereotomia della pietra per la costruzione degli archi²³. Tuttavia non sempre vengono impiegati conci di uguale dimensione. La realizzazione dei conci di chiave era sicuramente una fase cui veniva dedicata molta cura, sia per i caratteri decorativi che esse rivestono nell'insieme voltato, sia per l'importanza nell'apparecchio delle nervature. Il concio di chiave racchiude l'avvio dei costoloni. Occorre inoltre notare che, nella maggior parte dei casi, le chiavi hanno la parte inferiore parallela al piano d'imposta e non rivolta verso il centro di curvatura della volta, come invece accade in molti casi spagnoli. Da un punto di vista pratico è possibile ipotizzare che la traccia della volta venisse disegnata in scala reale sul terreno in modo da agevolare i tagliatori nella preparazione dei diversi conci lavorati necessari al completamento della fabbrica²⁴. Quelli elencati sono aspetti che si riscontrano anche nel caso teorico come illustrato da J. C. Palacios²⁵ in un recente articolo in cui propone l'esperienza didattica di costruzione reale di una volta secondo le indicazioni dei trattatisti.

3.2.3 Materiali.

I costruttori catalani trovarono in Sardegna un territorio fertile e maestranze già qualificate nella lavorazione della pietra.

Fig.22 - Esploso assonometrico dei conci costituenti uno spicchio di volta. Conci di avvio, nervature principali e secondarie, chiavi e nervature di collegamento.



Secondo recenti studi, già in epoca giudiciale nei secoli dal X al XV nell'ambito dell'architettura religiosa medievale, sia nelle grandi cattedrali sia nelle chiese di medie e piccole dimensioni, sono utilizzati prevalentemente i conci²⁶.

I materiali adoperati sono quasi sempre quelli disponibili in loco. I motivi di tali scelte sono sicuramente connessi alla facile reperibilità e alla difficoltà dei trasporti dell'epoca. Tuttavia la realizzazione delle parti lavorate richiedeva materiali con particolari caratteristiche in alcuni casi non presenti nelle località in cui veniva edificata la volta. Come evidenziato dal censimento si prediligevano materiali facilmente lavorabili come i calcari, le vulcaniti e i basalti e non si esitava a farli provenire da siti anche distanti qualora non si potessero cavare nelle vicinanze del cantiere.

Il taglio delle pietre veniva eseguito con strumenti semplici, quali quelli raffigurati nella grande vetrata dedicata alla storia di San Silvestro nella cattedrale di Chartre. Nella parte bassa della vetrata sono raffigurate diverse operazioni di cantiere e il set degli strumenti adoperati dai maestri muratori per realizzare le loro opere.

Oltre al picco e alle squadre, strumenti necessari al taglio dei conci squadrati, sono importanti due strumenti in particolare, utili al taglio delle pietre per le volte: le sagome per le modanature e il modano (biveaux) per dare la curvatura ai conci.

Le sagome danno un'idea della standardizzazione delle decorazioni della fabbrica. In una grande opera questo doveva essere di fondamentale importanza mentre in opere minori come il caso sardo le sagome potevano servire alla costruzione di un'unica cappella commissionata da un nobile o da una confraternita o un *gremio*. Si può comunque ipotizzare che la stessa sagoma potesse essere impiegata a distanza di tempo in altre fabbriche. I motivi di tori gole listelli sono ricorrenti e si cercherà per quanto possibile di mettere in relazione le dimensioni rilevate nelle diverse cappelle per verificare la pos-

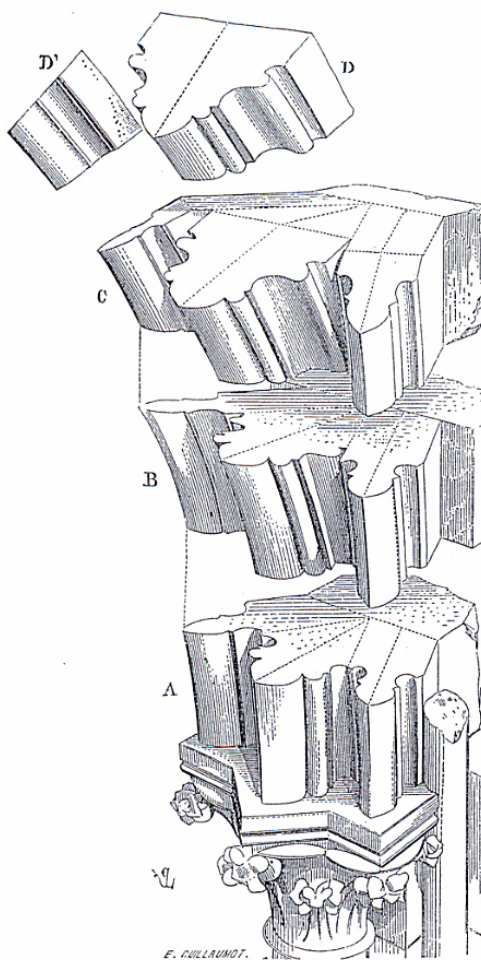


Fig. 23 - Disegno di Viollet le Duc che illustra i conci che compongono il tas-de-charge.

sibilità di un reimpiego delle sagome. In mancanza di dati certi sui costruttori una simile constatazione potrebbe aiutare a definire il campo d'azione dei maestri muratori.

Al fine di definire con più chiarezza il legame tra costruzione e materiale, come già accennato in precedenza, si sono approfondite le relazioni tra diffusione delle coperture voltate e distribuzione delle cave storiche sul territorio, alla ricerca di possibili siti di estrazione del materiale. Tale correlazione rappresenta il punto di partenza per eventuali approfondimenti su singoli oggetti rilevati. La correlazione tra il materiale riconosciuto a vista (quando non intonacato o dipinto) e il sito estrattivo è un necessario passaggio per l'esecuzione di indagini strumentali più accurate, che possono essere molto importanti in un ipotetico intervento conservativo. La discriminazione dei vari

Fig.24 - Chartre, cattedrale di Notre Dame, vetrata della storia di San Silvestro²⁷



Due figure trasportano un blocco di pietra verso il pannello centrale (pannello 2) che mostra i muratori al lavoro.



A sinistra, una figura usa due mani per tenere un martello con il quale colpisce un pezzo di pietra. Al centro, due muratori costruiscono una struttura con due bifore (probabilmente una chiesa). Uno depono un cornicione ornato. A destra, uno scultore scolpisce una statua incoronata o effigie.



Strumenti dei muratori e degli scalpellini. Voillet-le-Duc li ha identificati come diversi tipi di squadre a T, diversi tipi di martelli, una cazzuola, un filo a piombo, due modelli per il taglio di modanature (probabilmente per nervature di volte), una base, un capitello, una colonna completa, e un pezzo di pietra.

materiali impiegati ha permesso di evidenziare che il sistema costruttivo è indipendente dalla scelta del materiale ma è da questo condizionato per quanto riguarda dimensioni dei conci e lavorazione. Probabilmente le pietre venivano cavate secondo dimensioni standard,

come indicato in precise norme emanate con decreti della corona in tutto il regno di Spagna. L'uso delle sagome precedentemente ricordato e il metodo costruttivo delle volte, che sono composte nelle loro parti fondamentali da elementi che seguono archi di cerchio, consentiva di

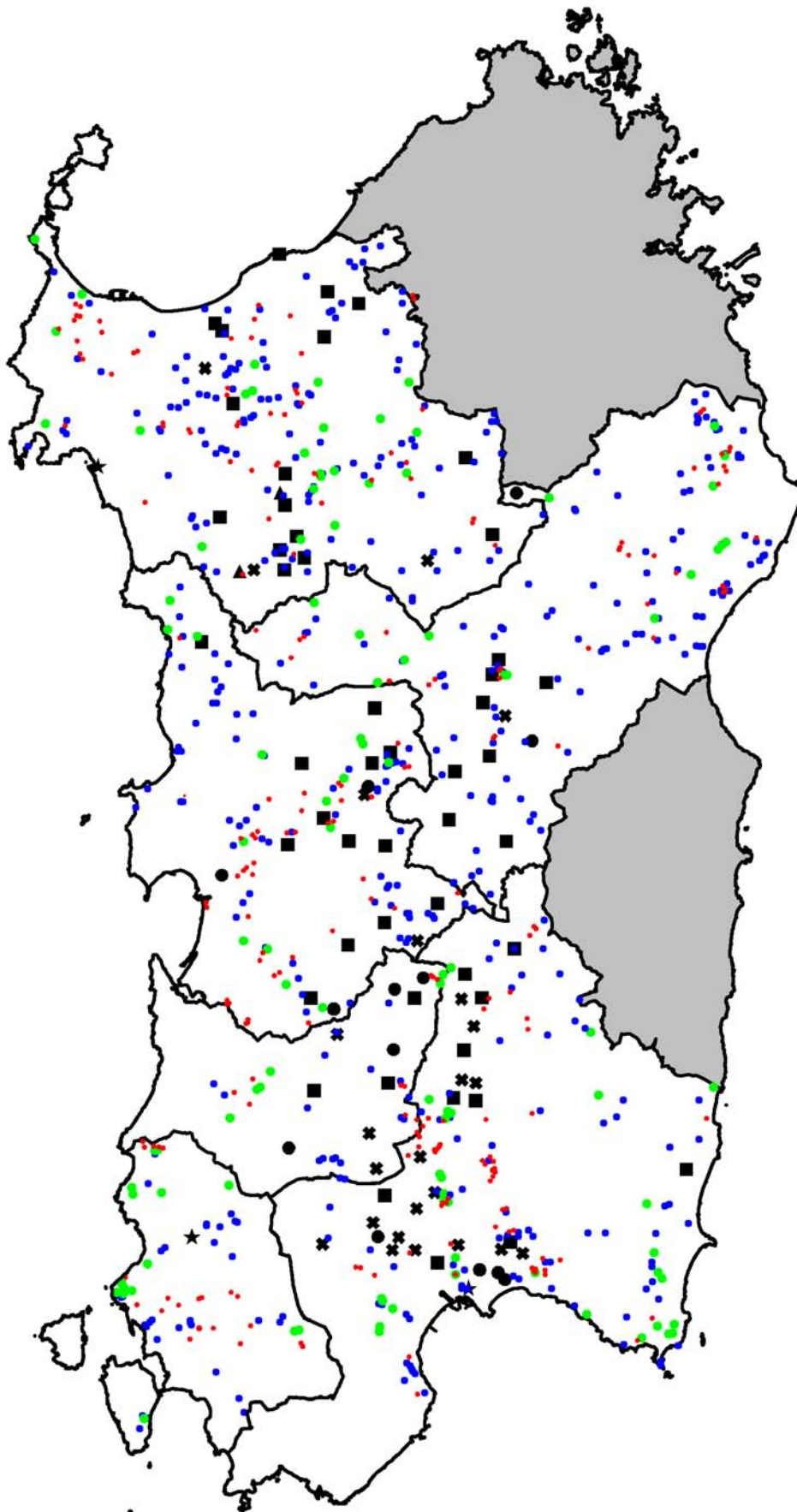


Fig.25 - Carta della distribuzione delle volte in relazione alle aree estrattive censite sul territorio regionale. In rosso le cave in esercizio, in verde quelle dismesse o in fase di dismissione, in blu le cave dismesse storiche, molte della quali parzialmente ri-naturalizzate.

lavorare parzialmente i singoli conci già prima del trasporto dalla cava al cantiere. Questa prassi permetteva di economizzare notevolmente soprattutto le operazioni di trasporto. Infatti, si trasportavano conci semilavorati, lasciando nella cava le parti non necessarie di un semplice concio squadrato. Al fine di delineare un primo quadro di relazione tra cave e fabbriche delle volte, si riporta la carta di correlazione tra le volte censite e i siti estrattivi così come ricavata dalla documentazione regionale²⁸. Per i singoli casi rilevati, nelle schede si riporteranno con più precisione le informazioni relative ai materiali e ai siti estrattivi individuati. Purtroppo non sempre è possibile individuare le cave storiche di provenienza dei materiali facendo riferimento alla sola cartografia disponibile. Di molte di esse si è persa memoria e spesso è possibile localizzarle solo con un'attenta ricognizione sul territorio.

Inoltre per ottenere conferma sono necessarie ulteriori indagini strumentali. Esse, infatti, permettono di attestare la composizione dei materiali e di determinare la loro provenienza. Tuttavia, in fase preliminare, avere un quadro preciso della dislocazione sul territorio dei possibili siti di estrazione dei materiali è un punto di partenza fondamentale per procedere ai successivi accertamenti. E', infatti, di grande importanza determinare con precisione quali materiali sono impiegati. Questo è vero in special modo nel caso fosse necessario un intervento di restauro che prevedesse la sostituzione di conci. Proprio alla luce di queste considerazioni, la ricerca ha messo in evidenza la necessità di approfondimenti per ciascun caso specifico. Un possibile approccio per la determinazione delle cave sarà illustrato nel capitolo 5 in cui sono proposti i casi studio affrontati.

1. Fitchen, J., *The Construction of Gothic Cathedrals: A Study of Medieval Vault Erection*. University of Chicago Press, 1997.
2. Moore, C. H., *Development and Character of Gothic Architecture*, Mac Millan, New York, 1906.
3. http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:P1000705_Paris_IV_Eglise_Saint-Gervais_nef_centrale_reductwk.JPG
4. http://en.wikipedia.org/wiki/File:F%C3%A4chergew%C3%B6be_KingsCollege.jpg
5. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Segovia_-_Catedral,_Capilla_del_Sagrario_06.jpg
6. http://it.wikipedia.org/wiki/File:Monastero_di_Jeronimos_-_Lisbona.JPG
7. http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pfarrkirche_Koenigswiesen_Schlingrippengewoelbe_3.jpg
8. Fitchen, J., op.cit.
9. Egle, J. von, and Fiechter, E.R., *Baustil- und Bauformenlehre in Abbildungen mit Texterläuterungen: Drei Bände systematischer Abbildungen nebst kurzen Erläuterungen als Stoff für den Unterricht und für Übungen sowie Selbststudium*. Schäfer, 1905.
10. Cavallari-Murat, A., *Static intuition and formal imagination in the special frames of the gothic vaults with nerves*, in *Bulletin of the international association for shell structures*, n.12, Madrid, 1964.
11. Calvo-López, J., Alonso-Rodríguez, M.Á., *Perspective versus stereotomy: from Quattrocento polyhedral rings to Sixteenth-Century Spanish torus vaults*. *Nexus Network Journal*, 2010, 12.1 pp. 75-111; Díaz, E. R., Calvo-López, J., *Gothic and renaissance design strategies in stonecutting*. In *Creating Shapes in Civil and Naval Architecture: A Cross-Disciplinary Comparison* 11, 2009, pp. 167-192.
12. <http://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Llotja3.jpg>
13. Palacios Gonzalo, J. C., Talaverano, R.M., *Complejidad y Estandarización En Las Bóvedas Tardogóticas*. *Anales De Historia Del Arte* (2012), pp. 375-387.
14. Palacios Gonzalo, J.C., *La Canteria Medieval la construccion de la boveda gotica espanola*. Edicione Munilla-leria, 2009
15. Casu, S., Dessi, A., *Proposta per la classificazione di organismi ed elementi strutturali, nell'architettura religiosa in Sardegna dal XIII al XVI secolo*, in *Atti della Facoltà di Ingegneria*, vol. 14, anno VIII, n.2 ottobre 1980, *Littografia Trois*, Cagliari, 1980.
16. Migliari, R., Fallavollita, F. *Gli archi e le volte*, in Migliari, R., *Geometria descrittiva volume II tecniche e applicazioni*, Città Studi edizioni, Novara, 2009, p. 457.
17. Fonte illustrazione Soprintendenza
18. Díaz, E.R., *Forma y construcción en piedra*. Ediciones AKAL, 2000

19. Senent Domínguez, R., Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira. Estrategias góticas en cantería renacentista Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2011.
20. Huerta Fernández, S., The medieval 'scientia' of structures: the rules of Rodrigo Gil de Hontañón. In: Towards a History of Construction. Between Mechanics and Architecture . Birkhäuser Verlag, Basel, Suiza, 2002, pp. 567-585.
21. Viollet-Le-Duc, E.E., Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe a XVIe siècle, B. Bance. 1854
22. Salvatore, M., Trevisan, C., Stereotomia della pietra, in Migliari Riccardo, Geometria descrittiva volume II tecniche e applicazioni, Città Studi edizioni, Novara, 2009, pp. 485-561.
23. Trevisan, C. (), Per la Storia della stereotomia. Geometrie metodi e costruzioni, Aracne Editrice, Roma, 2011.
24. Taín-Guzmán, M., Alonso-Rodríguez, M.A., Calvo-López, J., Natividad-Vivó, P., Stonecutters' literature and construction practice in Early Modern Gothic: the tracings for a rib vault at the Cathedral of Tui in Galicia, 2012.
25. Palacios, J.C., Martín, R., La construcción de una bóveda de crucería en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, in Informes de la Construcción, Vol. 61, 515 julio-septiembre 2009. Pp. 49-58
26. Putzu, M.G., Tecniche costruttive murarie medievali in Sardegna fra X e XV secolo Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Valencia, 21-24 octubre 2009, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2009.
27. <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008aga010;viewid=FCW008AGA010.TIF;quality=0;view=image>; <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008ap0101;viewid=FCW008AP0101.TIF;quality=m800;view=image>; <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008ap0201;viewid=FCW008AP0201.TIF;quality=m800;view=image>; <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008ap0301;viewid=FCW008AP0301.TIF;quality=2;view=image>
28. <http://www.regione.sardegna.it/j/v/509?s=1&v=9&c=4399&na=1&n=10&tb=4394&tb=4394&st=2>

4 DISEGNO E RILIEVO

4.1 PROGETTO DELLE PROCEDURE DI RILEVAMENTO

4.1.1 Dati preesistenti

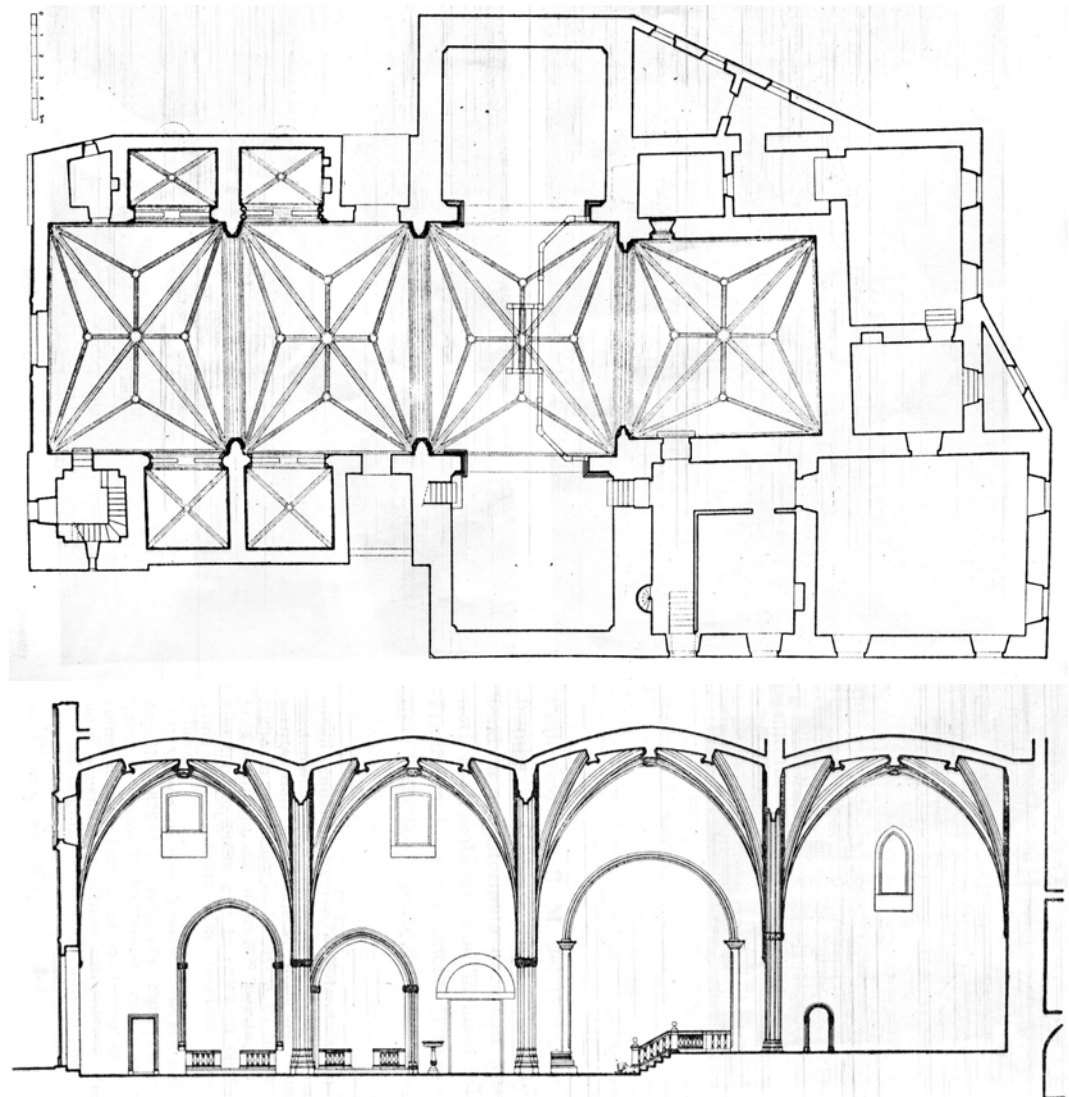
Dalla ricerca in letteratura i rilievi pubblicati relativi agli edifici tardogotici, trattati nel presente lavoro, sono estremamente pochi. Spesso tali rilievi si riducono alla sola pianta dell'edificio, in pochi casi accompagnata da una sezione longitudinale. I disegni sono sempre ridotti per esigenze di pubblicazione e dunque è difficile apprezzarne i dettagli. Tuttavia costituiscono un importante elemento di studio (Fig.1). Durante la ricerca è emersa con evidenza la mancanza di dati metrici e materici su un così gran numero di edifici. Tuttavia essendo questi edifici vincolati, spesso oggetto di interventi di restauro, è stato possibile esaminare i disegni di rilievo presso gli uffici tecnici dei comuni e la Soprintendenza. Questi disegni, di cui non sempre è consentita la riproduzione, sono elaborati di progetto, difficilmente accompagnati dallo schema del rilievo eseguito per arrivare al tracciamento delle tavole finali. Da essi è comunque possibile ricavare le misure delle diverse parti dell'edificio. Questi disegni rappresentano comunque il punto di partenza per impostare le operazioni di rilevamento. Essi, seppure forniscono dei supporti alle informazioni necessarie all'esecuzione dei rilievi di dettaglio delle singole volte, devono essere verificati con accurate misurazioni in loco. Inoltre, sia i rilievi pubblicati che quelli depositati negli uffici sono nella maggior parte dei casi su supporto cartaceo e nella loro eventuale acquisizione si ripercuoterebbe un errore dovuto alla digitalizzazione. Molti di questi disegni non sono esenti da semplificazioni dovute spesso alla scala di rappresentazione¹ ma in alcuni casi anche ad una superficialità nella registrazione dei dati.

Nella rappresentazione delle volte nervate si è potuto osservare che nelle restituzioni è frequente la tendenza ad approssimare il punto di partenza delle nervature. Esse come visto non partono quasi mai con la curvatura tangente allo spigolo formato dai due piani verticali che contengono gli archi d'imposta. Essi prendono l'avvio al di sopra dei peducci e la tangenza si verifica probabilmente immediatamente al di sotto di essi.

I dati integrativi a tali rilievi sono elemento indispensabile, sia nel caso ci si voglia rendere conto dell'accuratezza dei disegni esistenti, sia nel caso in cui si intenda approfondire il dettaglio della rappresentazione e integrare le informazioni grafiche già acquisite.

Alla luce di quanto detto sono necessari alcuni passaggi fondamentali focalizzati al raggiungimento dell'obiettivo specifico della ricerca. Trattandosi di una documentazione di dettaglio relativa a sole parti di una fabbrica, seppure è significativo conoscere l'intero sistema edilizio di cui l'oggetto documentato fa parte, è anche necessario operare dei compromessi relativi alla raccolta dei dati. Dovendo verificare e integrare in toto un rilievo esistente, occorrerebbe innanzitutto digitalizzare i dati cartacei cercando di ridurre al minimo l'errore; in secondo luogo occorrerebbe predisporre una rete di punti per la costruzione di una poligonale all'esterno e il collegamento di questa ad una base all'interno dell'edificio. Essa infatti consentirebbe di verificare le misure principali e di allineare correttamente le varie parti. Se però, nel redigere questo primo schema di misurazione, ci si rende conto di forti incongruenze con il rilievo preesistente, occorre rielaborare ex novo tutte le informazioni metriche necessarie alla redazione di piante, prospetti e sezioni. Tuttavia, essendo la ricerca focalizzata

Fig.1 – Iglesias, Santa Chiara, rilievo di M. Freddi².



su alcune porzioni dell'edificio, si è scelto di organizzare la raccolta delle misure in funzione dell'obiettivo e di verificare prima i vani coperti da volte a crociera. Considerato, infatti, che l'oggetto di studio sono le volte si è valutata attentamente, caso per caso, la necessità di procedere alla verifica dell'intero rilievo disponibile. Nella maggior parte dei casi sono state eseguite alcune misure di verifica degli spazi interni e sono poi state rilevate nuovamente con cura le sole cappelle. I dati preesistenti tuttavia non sono molti e, infatti, alcuni dei rilievi sono stati eseguiti ex novo.

4.1.2 Metodi di raccolta dati ex novo

4.1.2.1 IL SOPRALLUOGO

Momento fondamentale delle operazioni di rilevamento architettonico è la fase di

sopralluogo, in cui l'osservazione delle diverse parti dell'edificio e la trascrizione di tali osservazioni su carta, mediante schematizzazioni per linee, rende l'operazione di conoscenza un momento insostituibile dell'approccio all'edificio³. Trovare il modo migliore di rappresentare l'intero e le sue parti in pianta, alzato e proiezioni assonometriche, consente di ragionare scomponendo l'oggetto osservato in elementi modello che ne semplificano la struttura in funzione della scala di rappresentazione e, allo stesso tempo, ne rivelano la complessità. La ricognizione così condotta porta alla stesura degli eidotipi, e contribuisce significativamente alla scelta e progettazione della sequenza di operazioni e strumenti da adottare per l'esecuzione del rilievo⁴. La

del censimento, sono state individuate una serie di chiese con caratteristiche interessanti dal punto di vista architettonico, nello specifico per quanto riguarda il numero e la particolarità delle volte, i materiali da costruzione impiegati, la datazione degli edifici.

4.1.2.2 *IL PROGETTO DEL RILIEVO*

Al fine di documentare un numero cospicuo di volte, è stata elaborata una procedura di rilievo speditivo che consentisse di raccogliere informazioni accurate in tempi contenuti. Appoggiandosi, come già detto, a restituzioni esistenti sono state eseguite alcune misure di verifica generale, mentre, per il rilievo delle singole volte, si è seguita una procedura di rilevamento rapida combinando il rilievo diretto e la fotografia orientata alla foto modellazione riducendo al minimo le verifiche tramite rilievo strumentale.

Le cappelle delle chiese sarde sono spazi piccoli e spesso ingombri da altari e altri elementi d'arredo che rendono problematica la raccolta delle misure dirette ma anche l'uso degli strumenti per le misure indirette. Tuttavia, per determinare le curvature, in un rilievo diretto, sono necessarie più di tre misure in altezza per ogni arco di nervatura e la loro conseguente proiezione a terra per ricavare la distanza lineare, in modo da poter ricostruire in modo corretto l'arco e l'andamento del costolone. Si è scelto di combinare la raccolta delle misure dirette alla fotografia, per coprire con la foto modellazione quelle parti in cui non è possibile completare le misure per via della presenza degli arredi fissi. In particolare sono state adoperate le tecniche per le prese fotografiche necessarie all'elaborazione con software di foto modellazione basati sul sistema Structure From Motion⁵. L'ultima generazione di tali software si basa sulla possibilità di automatizzare il processo di ricerca della corrispondenza dei punti tra set di fotogrammi. Ciò è possibile perché le attuali fotocamere digitali consentono di otte-

nere immagini ad elevata risoluzione.

L'applicazione di tali metodi di foto modellazione è stata possibile per la stessa natura delle volte tardogotiche sarde in cui le misure, specie quelle in altezza, sono contenute. Infatti, i sistemi utilizzati, come verrà descritto più avanti, restituiscono risultati più validi quando le distanze di presa fotografica e le dimensioni degli oggetti da rilevare sono contenute⁶. Le volte delle cappelle delle chiese sarde non sono mai molto alte, in contraddizione con il gotico europeo. Discostandosi in questo aspetto anche dal gotico catalano e valenciano, le coperture voltate sarde non racchiudono spazi che si sviluppano prevalentemente in altezza. La dimensione media in pianta dei vani coperti da volte a crociera è moderata. Le più piccole sono generalmente quelle delle cappelle laterali o delle cappelle alla base dei campanili. Mentre quelle di dimensioni maggiori sono le volte dei presbiteri. Non sono rari i casi in cui l'imposta degli archi limite della volta è di poco superiore a quella di una persona di media statura. Le motivazioni di tali scelte potrebbero essere molteplici. Si possono ipotizzare ragioni di carattere estetico, motivi legati alla funzione specifica dello spazio, ragioni connesse alla realizzazione pratica delle centine e delle opere di cantiere per la costruzione della volta, motivi dipendenti dalla reperibilità del materiale e dai costi di costruzione. Sulla questione delle opere di cantiere occorre soffermarsi per chiarire alcuni aspetti. Le centine erano certamente realizzate in legno e la materia prima veniva reperita in loco. I tipi di legname utilizzati per la costruzione sono svariati ma nessuna delle essenze utilizzate nell'architettura tradizionale sarda consentiva di superare lunghezze superiori ai 9 metri. Quindi nella realizzazione delle coperture, sia che si trattasse di tetti lignei che di opere di carpenteria a supporto delle costruzioni in pietra, non si potevano certamente superare luci notevoli. Per ciò che riguarda poi i materiali da costruzione general-

mente ci si approvvigionava in cave non distanti dal cantiere. Tuttavia, nei casi del Campidano, la pietra calcarea proviene dalle cave di Cagliari e dunque occorre ipotizzare dei vincoli connessi alle problematiche di trasporto del materiale e ai costi che dovevano essere sostenuti dai committenti.

La progettazione delle operazioni da compiere sul posto è stata accuratamente valutata sulla base delle necessità relative alla restituzione per fotomodellazione. Il software utilizzato è 123D Catch rilasciato di recente da Autodesk⁷ e utilizzabile free a seguito di registrazione al sito per poter avere accesso al web-service che, utilizzando le risorse in Cloud Computing, esegue i calcoli necessari alla restituzione del modello 3D. Esso produce superfici mesh a partire da una sequenza di foto scattate secondo criteri molto semplici. La limitazione di tale software, come tutti quelli di foto modellazione, è l'indeterminatezza delle misure. La mesh ottenuta, infatti, va orientata e scalata nello spazio virtuale utilizzando un software di modellazione 3D, al fine di ottenere un modello fruibile di quanto riprodotto con le immagini fotografiche. Infatti, una foto di per se non ci fornisce nessuna infor-

mazione metrica sull'oggetto catturato nell'immagine. Solo conoscendo alcuni parametri della macchina e, soprattutto, delle misure di riferimento sull'oggetto siamo in grado di costruirne un modello in scala. Il software, nato per la modellazione di oggetti di qualsiasi misura, è stato generalmente utilizzato per documentare qualcosa attorno cui fosse possibile scattare delle foto, seguendo un ideale percorso ad anello al centro del quale si trova l'elemento da modellare. La novità dell'applicazione proposta in questo lavoro riguarda principalmente il fatto che, in questo caso, la posizione tra oggetto e operatore con la fotocamera si inverte. Non è più possibile girare attorno all'oggetto ma è l'oggetto che, in un certo senso, avvolge l'operatore. La volta è una superficie interna ad un edificio e, per sua stessa natura, è impossibile girarci attorno. Quando la si osserva ci si trova in una posizione ad essa sottostante, che costringe a rivolgere lo sguardo verso l'alto. Inoltre non è quasi mai possibile apprezzare l'interezza della volta fissando lo sguardo in un solo punto. E' necessario spostare lo sguardo dai lati al centro. Ci si può trovare a seguire la nervatura dal peduccio alla chiave e tralasciare di



Fig.3 - Schermata iniziale di Autodesk 123D Catch.

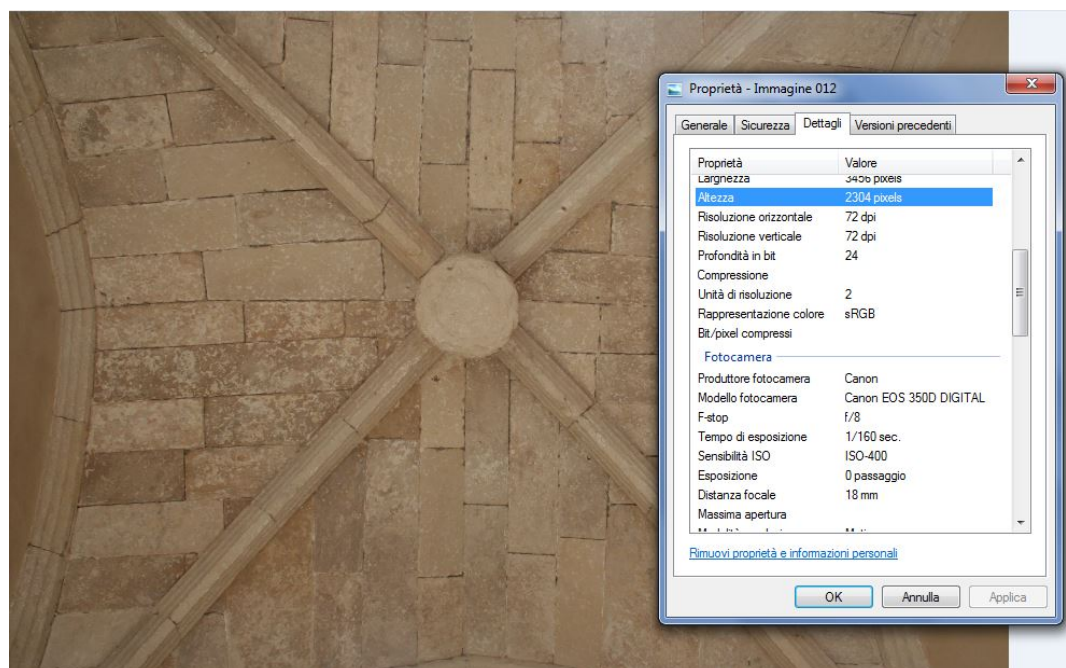
osservare la volta inserita tra i costoloni. Essendo uno spazio articolato, con elementi che, se considerati nel loro insieme, non giacciono mai sul medesimo piano, occorre valutare attentamente la geometria della volta e gli elementi che la compongono al fine di stabilire quali siano le misure significative da raccogliere e la migliore posizione per la presa delle immagini fotografiche.

Tendenzialmente, per ottenere delle buone foto, si è portati a credere che sarebbe meglio stare fermi in un unico punto e ruotare l'angolazione dell'apparecchio fotografico. Se si facesse elaborare al software un set di foto ottenuto in questo modo non si perverrebbe ad alcun risultato. Il software utilizzato, infatti, basandosi sul sistema Structure from Motion, ha bisogno di elaborare la corrispondenza di punti tra foto che ritraggono l'oggetto da più stazioni di presa fotografica. Il principio del software SfM è quello che ogni parte della scena deve essere visibile in almeno tre foto. Ciò che non è visibile in almeno due delle tre foto crea una lacuna nelle informazioni. Tale lacuna può essere colmata dal software per interpolazione, ma si rischia di pervenire ad un risultato che si discosta dalla realtà.

Per questa ragione si comprende che scattare le foto da un unico punto di presa sarebbe utile solo se si volesse realizzare una panoramica dinamica dell'oggetto. Invece, per ottenere un buon risultato, in questo caso occorre scattare le foto da più punti possibili, cercando di evitare di fare più di due scatti dalla stessa posizione anche se inclinati diversamente. In questo modo si ottengono viste dell'oggetto da un gran numero di punti e angolazioni, e si facilita il calcolo. Le foto inoltre devono avere in comune una buona parte dell'oggetto in modo da consentire di trovare la corrispondenza del maggior numero di punti possibile.

Il rilievo fotografico è molto versatile, infatti, consente di combinare più elaborazioni eseguite anche in tempi differenti. Per ciascun set di foto è bene annotare i parametri adoperati, ed in particolare la lunghezza focale adottata che va tenuta costante durante l'esecuzione degli scatti. Conoscendo queste informazioni sarà facile, nel caso fosse necessario, eseguire dei nuovi scatti di completamento e integrazione impostando i medesimi parametri sulla macchina fotografica. I dati sull'immagine ottenuta sono anche disponibili nel file

Fig.4 - Visualizzazione dei dati EXIF associati ad un'immagine.



EXIF⁸ che identifica lo scatto fotografico e che vengono registrati in automatico dalla fotocamera (Fig.4). Il vantaggio della ripresa fotografica sta nel fatto che si può eseguire un numero notevole di scatti. Esso è funzione del supporto di immagazzinamento delle informazioni e della risoluzione impostata per l'acquisizione delle immagini. Una card micro SD, ad un costo contenuto, fornisce uno spazio di archiviazione notevole. I risultati più accurati si ottengono adoperando fotocamere digitali reflex che permettono un maggior controllo sull'immagine prodotta. Il rilievo fotografico è influenzato dalla luce e dalle condizioni di presa fotografica. Nel caso specifico, dovendo documentare spazi interni non si presenta il problema tipico delle ombre marcate che si ha talvolta nelle riprese in esterni. Tuttavia, l'illuminazione degli ambienti ha rappresentato spesso un problema. Occorre a questo punto fare alcune precisazioni. I tipi di punti luce presenti all'interno delle cappelle rilevate sono di due tipi: farette rivolti verso l'alto e posizionati immediatamente al di sopra dei peducci da cui si dipartono le nervature, lampadari (con più punti luce) appesi al concio di chiave dell'arcone d'accesso alla cappella. Queste due soluzioni sono gene-

ralmente una l'alternativa dell'altra, ma in alcuni casi si presentano accoppiate. Entrambi i tipi di illuminazione creano dei problemi nello scatto delle foto, quindi si è preferito procedere sfruttando, quando possibile, la sola illuminazione naturale proveniente dalle finestre della parte alta della navata, ed eventualmente ricorrendo a dei fari portatili che fungessero da luci di riempimento.

Come già detto trattandosi di spazi chiusi non è possibile raccogliere le immagini girando attorno all'oggetto da documentare. Operare in questo modo è stato possibile solo nel rilievo dei dettagli delle modanature, dei peducci e delle chiavi. Nei suggerimenti forniti da diversi produttori di software che danno risultati simili⁹ si raccomanda di coprire l'oggetto con scatti inclinati tra loro di circa 10° questo sempre considerando l'operatore che gira attorno all'oggetto. Nel caso specifico affrontato si è dovuto compiere un compromesso e modificare il metodo di presa. Alcuni rilievi di prova sono stati eseguiti sulla medesima volta al fine di determinare la migliore posizione degli scatti. E' stata quindi elaborata una procedura per ottenere una sequenza di scatti utile, seguendo semplici accorgimenti tipici della fotogrammetria architettonica

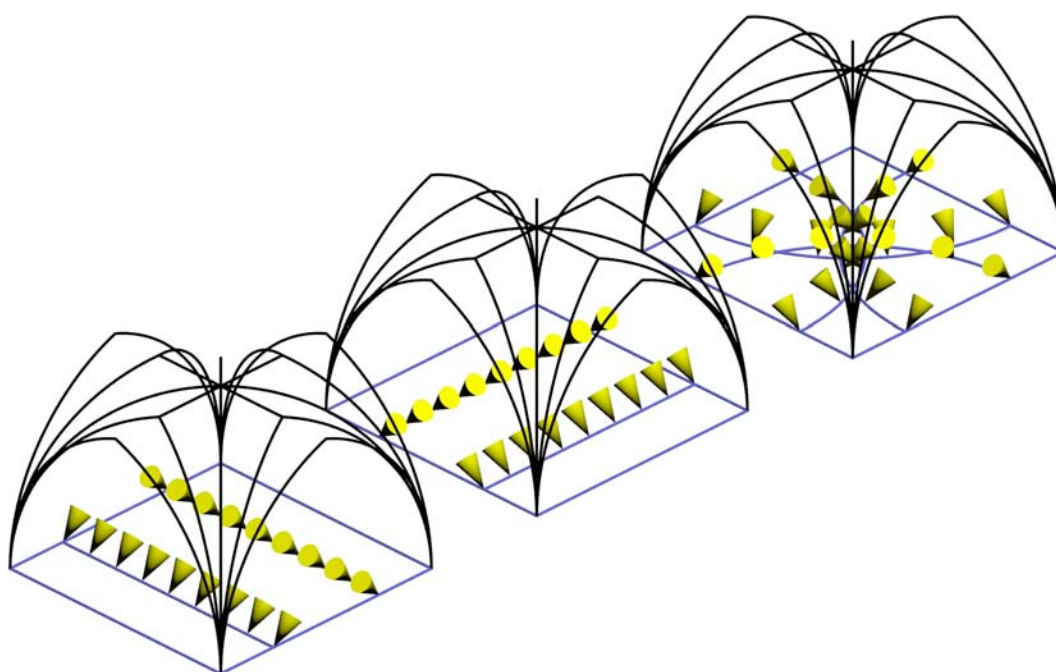
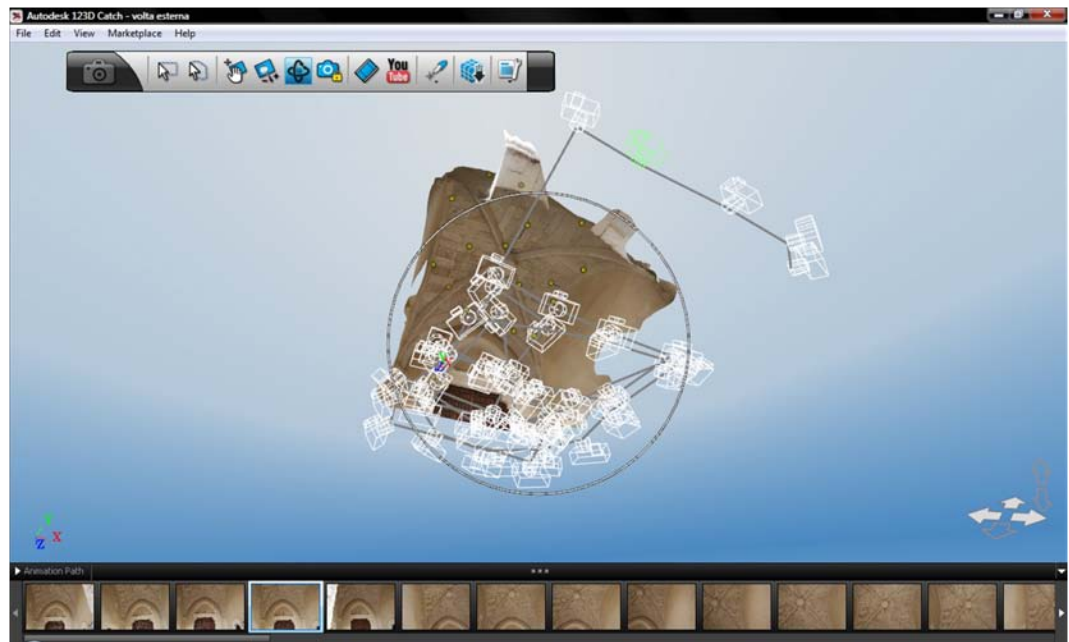


Fig.5 - Schema teorico delle possibili posizioni di presa fotografica.

Fig.6 - Visualizzazione dei punti di presa fotografica per il rilievo della volta.



a camera singola di software come Photomodeler¹⁰. Suddividendo la volta in un certo numero di spicchi in relazione al numero di nervature (dunque 8 per la crociera semplice, 16 per la crociera stellare) per ciascuno spicchio sono state scattate tre foto da differenti angolazioni. Quindi ove possibile si sono scattate foto d'insieme dall'esterno della volta, e alcune da posizioni baricentriche con la macchina rivolta verso l'alto al fine coprire tutte le possibili zone d'ombra e consentire una copertura sovrabbondante. Uno schema teorico delle prese fotografiche è visibile in Fig.5. Mentre in Fig.6 la schermata del software mostra la posizione reale dei punti di presa delle foto utilizzate per il progetto.

Le misure necessarie alla messa in scala del modello ottenuto per fotomodellazione sono state eseguite in modo diretto con l'ausilio del distanziometro laser. Eseguendo il tracciamento a terra dei punti misurati sui costoloni e sulla volta, di solito scelti in corrispondenza dei giunti tra i conci per essere più riconoscibili sulle foto, si sono ricavate le misure in altezza e la posizione della loro proiezione in pianta. Le diverse altezze rilevate in molti casi consentono da sole il tracciamento della curvatura che può così essere confrontata con quella rilevata tramite foto modellazione.

In particolare sono sempre state rilevate un certo numero di misure che hanno fornito: la posizione di alcuni punti di

Fig.7 - Strumenti



controllo per l'orientamento del modello e il suo corretto inserimento nel rilievo generale dell'edificio, la posizione delle chiavi dei quattro archi d'imposta, la posizione dei peducci e delle chiavi, le dimensioni dei lati del vano coperto dalla volta. I metodi utilizzati sono quelli delle ascisse e ordinate e della trilaterazione¹¹.

Riepilogando gli strumenti adoperati sono: fotocamera digitale reflex Canon Eos 350D con risoluzione di 8Mpixel, faro portatile, distanziometro laser Leica DISTO D5 per il rilievo delle misure dirette, stazione totale Nikon NPL-350 per la verifica dei punti di controllo (Fig.7).

In sintesi la procedura di rilievo adottata ha seguito il seguente schema.

- Individuazione degli edifici con caratteristiche significative sulla base dell'analisi dei dati del censimento. Verifica dei disegni già disponibili tramite controllo di misure campione ed eventuale esecuzione di misure strumentali.
- Raccolta delle misure strettamente indispensabili precedentemente elencate, mediante l'uso di distanziometro laser.
- Ripresa fotografica secondo lo schema visibile in figura 5
- Raccolta delle misure strumentali esterne e collegamento all'interno per la determinazione dello spessore della copertura.

Si tratta in definitiva di un metodo di rilevamento integrato che tiene conto delle diverse problematiche connesse alle caratteristiche degli oggetti da documentare, che considera la possibilità di combinare i risultati ottenuti valutando con attenzione le informazioni numeriche ricavate nella misurazione, tenendo conto del corrispettivo grado di errore che può derivare dall'applicazione dei diversi metodi di raccolta¹².

Nel campo del rilevamento architettonico, infatti, non esiste la tecnica risolutiva. Ci sono innumerevoli opportunità di scelta e integrazione delle differenti tecniche. Queste scelte sono influenzate da diversi fattori che includono l'esperienza, il tipo

di oggetto da misurare, il materiale a disposizione, lo scopo del rilievo, il grado di dettaglio richiesto, il budget, ecc.¹³

4.2 LA RESTITUZIONE DEL RILIEVO

4.2.1 Procedure di restituzione per fotomodellazione

4.2.1.1 SOFTWARE & CLOUD COMPUTING

La foto modellazione ha avuto uno sviluppo sempre più rapido negli ultimi anni dovuto al veloce sviluppo dei sensori per la ripresa fotografica e alla diffusione delle fotocamere digitali che permettono ormai di scattare immagini ad alta definizione con un grandissimo numero di pixel. Questo fatto ha reso possibile lo sviluppo di processi automatici di referenziazione delle foto che tengono conto della corrispondenza tra punti omologhi. L'alta definizione delle immagini e l'evoluzione dei processori e dei sistemi di elaborazione sul cloud permette un volume di calcolo notevole che ha reso possibile il confronto rapido tra numerosi scatti fotografici e l'elaborazione del corrispondente modello 3D.

Come detto in precedenza, il software utilizzato per la restituzione è Autodesk 123D Catch. Esso è l'evoluzione della precedente Autodesk Photofly. Si tratta di un'applicazione web-based che richiede poche operazioni per produrre una mesh da un set non orientato di foto. Autodesk 123D Catch è disponibile gratuitamente e opera in Cloud Computing.

Secondo la definizione data dal National Institute of Standards and Technology (NIST)¹⁴ il Cloud Computing è un modello che attraverso la rete consente un accesso onnipresente, comodo, su richiesta ad un comune insieme di risorse di calcolo configurabili (ad esempio, reti, server, storage, applicazioni e servizi) che possono essere rapidamente acquisite e rilasciate con minimo sforzo di gestione o, in alternativa, ad un fornitore di servizi di interazione. Questo modello cloud deve possedere le caratteristiche di accesso su richiesta fruibile da qualsiasi dispositivo

(PC, tablet, smartphone), deve ripartire le capacità di calcolo in funzione degli utenti connessi, essere rapido ed elastico. I modelli di servizio offerti dal cloud sono tre: Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS), Infrastructure as a Service (IaaS). Inoltre il cloud può essere privato, condiviso tra un gruppo di utenti, pubblico o ibrido.

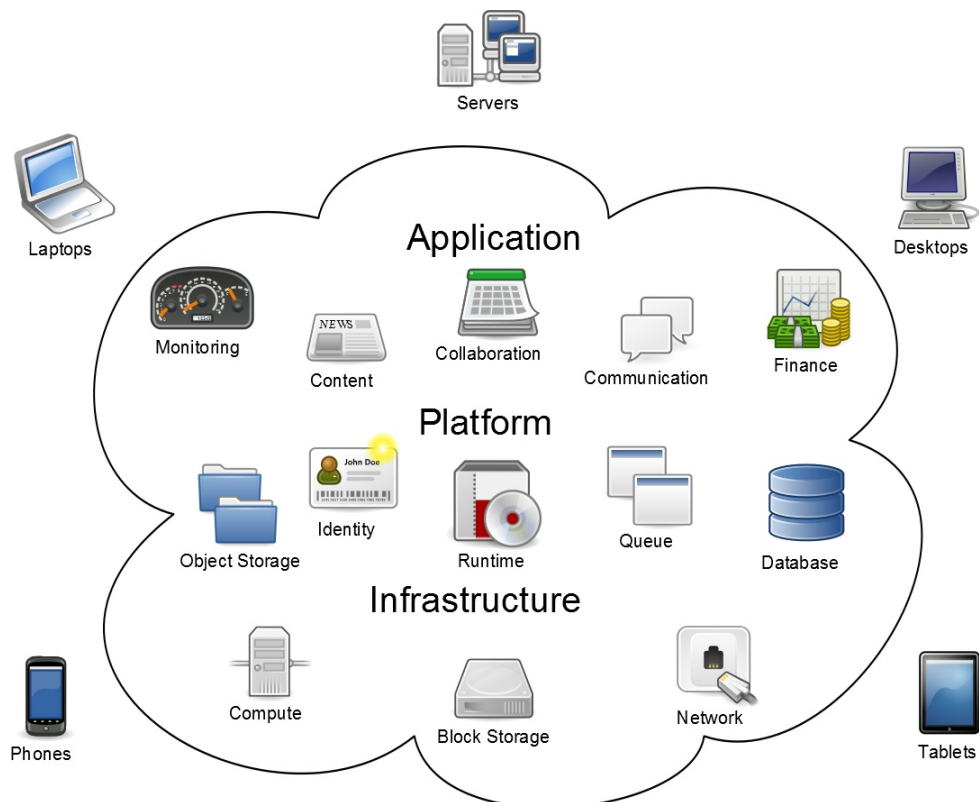
Il modello di servizio offerto da Autodesk 123D Catch è del tipo SaaS. In questo tipo di servizio l'utente può utilizzare l'applicazione fornita accedendo all'infrastruttura Cloud. L'applicazione è accessibile da diversi tipi di strumenti client (pc, tablet ecc.) ma l'utente non gestisce o controlla l'infrastruttura Cloud che regge il software. Per via di queste caratteristiche del servizio SaaS l'utente non controlla il processo di creazione della mesh, tuttavia sono concesse alcune operazioni di editing. Alla base della costruzione della mesh sta il processo di fotomodellazione. Esso interessa ciascun fotogramma, inteso come "matrice digitale di dati numerici: attraverso un confronto sono individuate

le corrispondenze dei dati e da qui, sulla base della geometria epipolare che sostiene i principi della fotogrammetria monoscopica, è stimata la mutua posizione di ciascun pixel caratterizzato poi da un colore che determina la texture del modello."¹⁵

Attualmente esistono diversi software che operano in modo analogo. Bundler¹⁶, PatchbasedMulti-View Stereo-Version 2 (PMVS2)¹⁷, and ARC 3D Webservice¹⁸. Essi, utilizzano tecniche visuali computerizzate per ricostruire i modelli 3D senza richiede informazioni fotogrammetriche¹⁹.

In letteratura sono disponibili vari studi che hanno confrontato le tecniche di fotomodellazione con quelle di acquisizione laser scanner evidenziando potenzialità e limiti del metodo²⁰. In particolare danno indicazioni precise riguardo il fatto che questi sistemi sono più adatti alla documentazione di oggetti di dimensioni contenute. Inoltre, si evince che, superato un certo numero di immagini da elaborare, non sempre aumentando il numero

Fig.8 - Esempificazione del modello Cloud Computing



si perviene ad un risultato migliore. Queste informazioni sono state di grande aiuto nell'organizzare il rilievo e nel gestire i risultati.

L'utilizzo dei sistemi fotogrammetrici di foto modellazione ha visto ampia applicazione in special modo nella documentazione dell'archeologia²¹ e del costruito storico²². Essa è spesso combinata alla scansione laser. Ad esempio nella documentazione del Quadriportico di Pompei, per completare le informazioni restituite dalla scansione laser dello spazio esterno con il rilievo degli ambienti interni, le mesh ottenute da scansione laser sono state combinate con quelle ottenute dalla foto modellazione eseguita tramite il software 123D catch dell'Autodesk²³.

L'articolazione delle operazioni da compiere con il software di fotomodellazione è la seguente:

- creare un account Autodesk che consenta l'accesso alla pagina di download dell'applicazione e il successivo accesso e utilizzo del web-service per l'elaborazione della mesh;
- installare l'applicazione ed eseguire il login per accedere al web-service e avere via libera alla creazione del progetto;
- scegliere il set di immagini e caricale sul server, in questo modo si accetta di

renderle disponibili al provider dei servizi di calcolo;

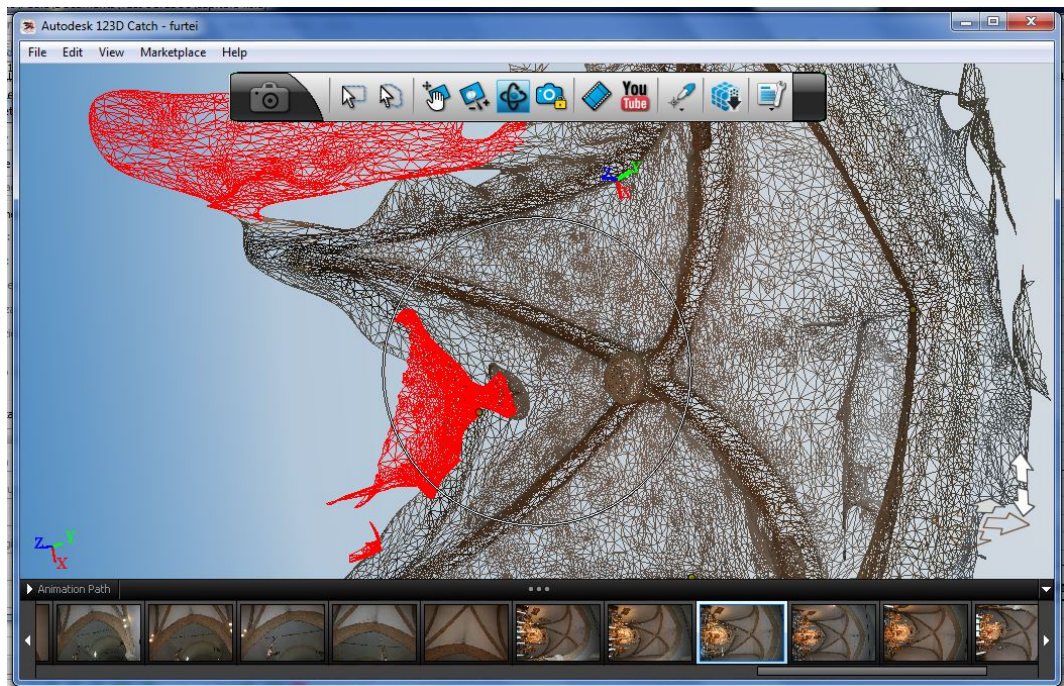
- attendere che venga eseguita l'elaborazione;
- valutare il risultato ottenuto sia in termini di accuratezza della mesh che di definizione della texture, eventualmente procedere ad un nuovo processo scegliendo una risoluzione differente per la mesh prodotta;
- cancellare le parti non necessarie, tracciare i punti di riferimento sul modello, ridefinire il sistema di coordinate per orientarlo correttamente nello spazio;
- esportare il modello completo di texture in formato .OBJ per procedere alle successive elaborazioni con altri software.

La procedura descritta permette di ottenere in modo automatico la mesh della superficie di intradosso completa di texture ricavate dal set di foto utilizzato per il processo. L'applicazione consente inoltre di tracciare dei punti sul set d'immagini elaborato. Cosicché nelle operazioni di post produzione prima di esportare la mesh su un altro software di gestione e modellazione è possibile ricavare una rete di punti e linee definiti. Questi punti vengono scelti in corrispondenza di quelli reali utilizzati durante la misurazione degli elementi di riferimento. Inoltre possono essere posiziona-

Fig.9 - Sequenza delle schermate di 123D Catch. Da sinistra a destra, dall'alto in basso: avvio del software, selezione delle immagini, richiesta di nuovo progetto al web-service, upload delle immagini, elaborazione delle immagini, download del risultato.



Fig.10 - Selezione delle facce della mesh.



ti altri punti in corrispondenza ad esempio delle giunzioni tra i conci, in modo da specificare in coordinate la posizione dei singoli elementi componenti la fabbrica della volta. In molti casi se il numero di foto è sufficiente e i ricorsi tra i conci abbastanza evidenti, è possibile apprezzare la discontinuità tra un concio e l'altro direttamente sulla mesh triangolata. In altri casi è sufficiente l'approssimazione ottenuta dalla texture. Ad ogni modo il sistema ausiliario di tracciamento dei punti crea una rete di verifica che può essere d'aiusilio nell'aggiustamento delle

coordinate di mappatura delle texture. Tutte queste operazioni avvengono durante la connessione on line alla rete di server cui si appoggia l'applicazione. Non è possibile caricare il set di foto, calcolare la mesh, elaborarla, tracciare punti e rette ausiliarie se non è stato effettuato l'accesso al server.

La buona riuscita di un rilievo eseguito utilizzando 123D Catch e altri analoghi software che partono da un set non ordinato di foto dipende come detto in precedenza, dalla sequenza e dalla localizzazione degli scatti. I risultati migliori si

Fig.11 - Tracciamento di punti di riferimento



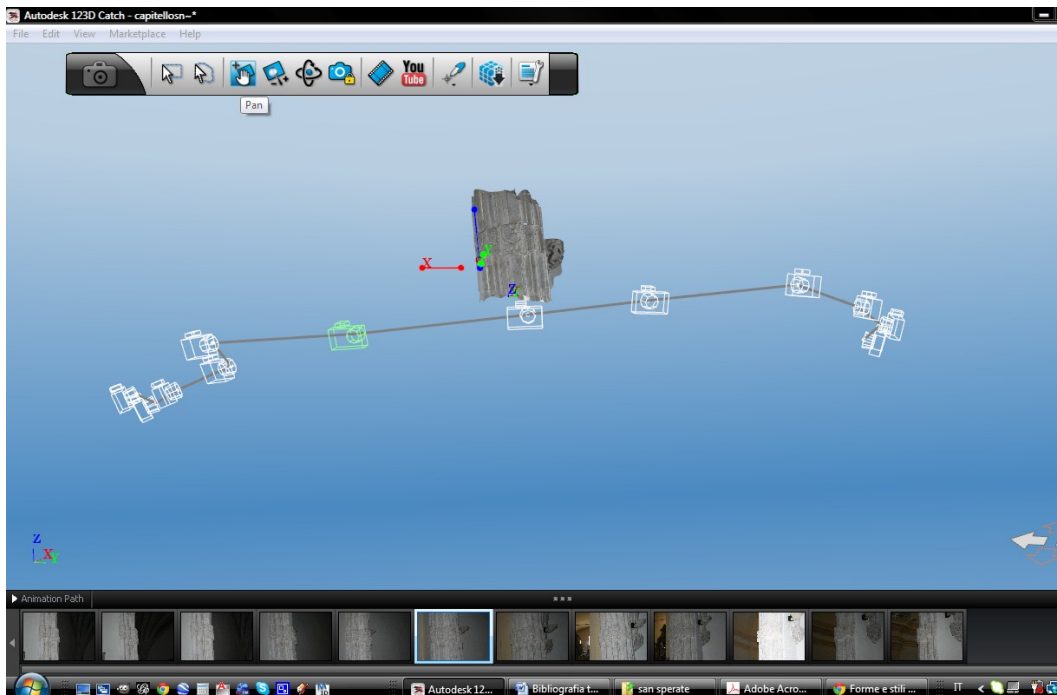


Fig.12 - Modello di un capitello creato con un set di foto scattate percorrendo un percorso circolare attorno all'oggetto

ottengono in rilievi a corto raggio in cui è possibile compiere una panoramica attorno all'oggetto da rilevare (Fig.12). In questi casi la densità di punti restituita dall'elaborazione è superiore anche a quella che potrebbe restituire uno scanner laser²⁴. Per questo motivo il sistema viene spesso preferito nei cantieri di scavo archeologico. Tuttavia nel caso specifico delle volte si è potuto testare la versatilità del metodo. L'applicazione presenta, infatti, delle caratteristiche specifiche adatte al caso in esame. Riguardo Autodesk 123D Catch, Kersten et al.²⁵ hanno pre

confrontato i risultati ottenuti dai seguenti software Bundler/PMVS2 (software open source dell'Università di Washington) e Autodesk Web service Photo-fly/123D Catch Beta con i risultati ottenuti tramite scansione laser terrestre. E' stato così dimostrato che le differenze geometriche non sono molto grandi tra i modelli ottenuti con i sistemi image-based e quelli invece distance-based. Inoltre si è potuto concludere che i sistemi image-based hanno problemi con oggetti molto grandi quali grandi edifici, ma al contrario producono modelli accurati e visivamente validi se gli oggetti non sono molto grandi e hanno forme curve²⁶.

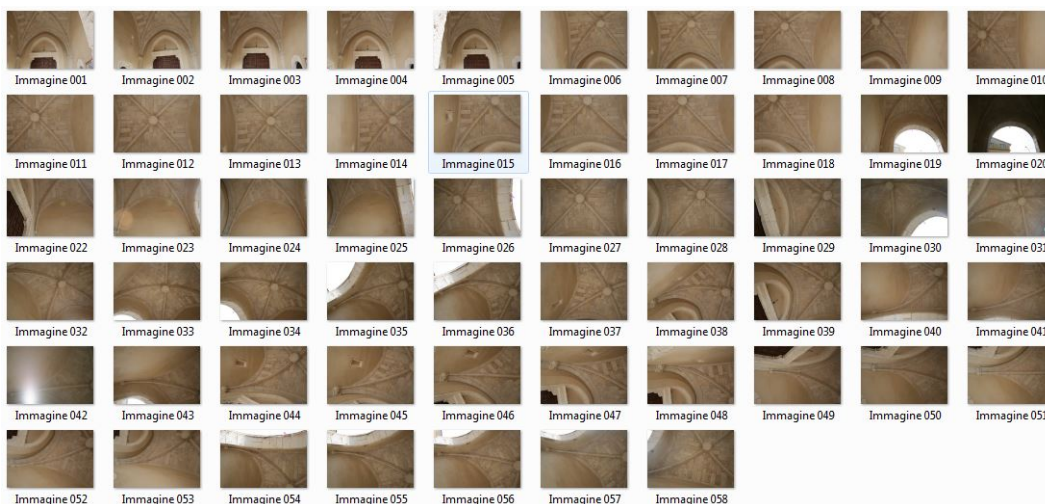


Fig.13 - Set di foto per la creazione del modello

Esiste un buon numero di ricerche che hanno studiato e confrontato il grado di accuratezza di diversi software di foto modellazione in relazione al numero di scatti prendendo in considerazione sia il risultato in termini di mesh sia in termini di posizionamento della texture²⁷.

Sulla base di tali dati si sono eseguite le prime prove. In definitiva il numero medio di immagini impiegate per ottenere una restituzione accurata della volta di una cappella, oscilla tra le 40 e 60 a seconda del tipo di volta e delle dimensioni. Il tempo di caricamento delle immagini sul server dipende dal numero e dalla risoluzione delle immagini da elaborare. Si è operato con foto di 8 megapixel. Sul campo si poteva verificare immediatamente l'effettiva produzione di risultati utilizzabili in quanto il tempo di caricamento con una connessione tramite chiavetta USB da 14.4 richiedeva circa 5 min e l'elaborazione della mesh alla minima risoluzione circa 15 minuti. È stato così possibile determinare la configurazione migliore e la quantità sufficiente di punti di presa che è stata poi ripetuta negli altri casi rilevati.

La limitazione del metodo è vincolata alla nitidezza delle immagini e alla variazione cromatica. Nei casi in cui si lavori su immagini con tinte piatte o in ambienti in cui l'illuminazione non è adeguata non si ottengono risultati attendibili. Questo è dovuto al fatto che si vengono a creare riflessi o ombre troppo marcate il processo di elaborazione incontra delle difficoltà e restituisce delle elaborazioni scorrette. Sono inoltre da scartare oggetti con finiture riflettenti.

4.2.1.2 MESH TEXTURIZZATE E LORO ELABORAZIONE

La restituzione della volta foto modellata richiede alcuni accorgimenti che consentono una buona riuscita del risultato. I tempi di lavorazione possono essere abbastanza contenuti e permettono di ottenere un modello in cui si arriva a definire con sufficiente dettaglio e precisione la posizione dei singoli conci che costituis-

cono la volta, la curvatura delle diverse parti e i dettagli delle parti modanate.

La mesh prodotta dall'elaborazione sul server remoti può essere più o meno densa in relazione alle esigenze. Nel caso del software utilizzato si possono specificare tre diversi gradi di densità, che corrispondono a tempi di elaborazione crescente in ragione del numero dei triangoli. Le tre densità disponibili sono Low, Standard e High. Per il medesimo set di foto è stata elaborata la mesh nei tre casi (Fig.14). Il numero di triangoli che la compongono è risultato: Low 72.561 facce, Standard 246.994 facce, High 1.036.612 facce, con un incremento crescente della complessità del modello.

Non sempre scegliendo la mesh più densa si ottengono i risultati migliori. Spesso il software, infatti, scarta le parti in cui il numero dei punti corrispondenti sulle diverse immagini non soddisfa i requisiti richiesti per la densità della triangolazione delle mesh, lasciando delle parti scoperte, creando buchi nella superficie tassellata. Per ovviare a questo inconveniente occorre un set di foto più grande in modo da avere maggiore sovrapposizione tra le diverse immagini. Aumentare il numero di foto, tuttavia, non sempre sortisce gli effetti desiderati. Infatti, tale aumento comporta un notevole incremento dei tempi di calcolo, cui non sempre corrisponde un risultato maggiormente definito. Andrebbe aumentata anche la risoluzione degli scatti, che vuol dire eseguire nuovamente il rilievo fotografico.

La mesh prodotta spesso è composta anche da parti non necessarie. Nelle foto infatti compaiono anche altri elementi presenti nell'ambiente in cui si trova l'oggetto fotografato. Se questi oggetti compaiono in più foto del sottoposto a calcolo, vengono modellati, aumentando il numero di tasselli e la pesantezza del file. Prima di procedere all'esportazione è possibile selezionare le parti non necessarie e cancellarle dal modello.

Si agisce quindi sul sistema di riferimento per orientare la mesh nello spazio. A

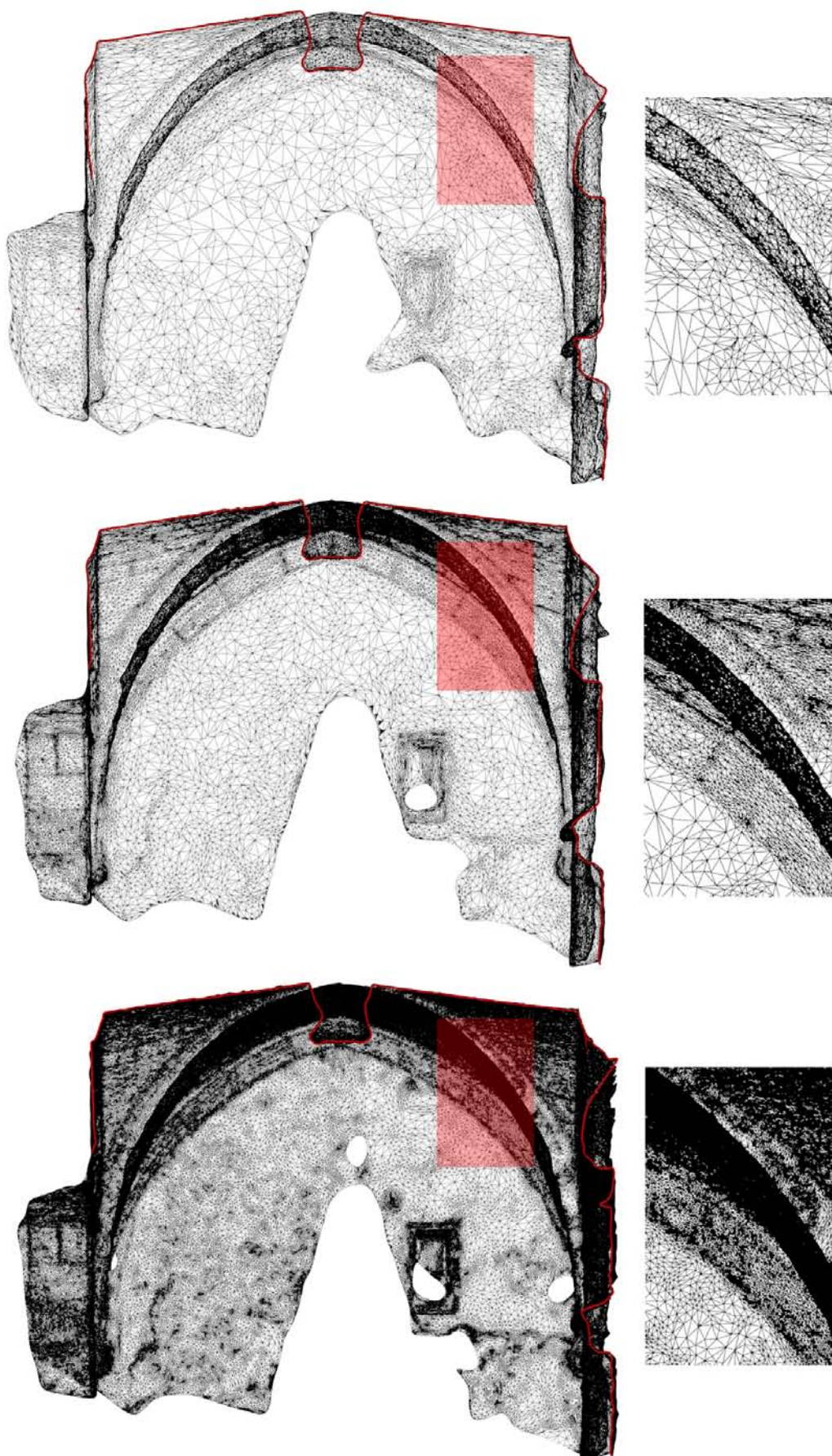


Fig.14 - progressivo aumento della densità della mesh prodotta. Dall'alto in basso: impostazione Low, Standard, High.

questo punto la mesh prodotta può essere esportata in formato .obj per essere elaborata con software specifici. Associata alla mesh viene creata la texture e con essa viene esportata per essere utilizzata nelle operazioni di rendering. Il file esportato può essere ora elaborato all'interno di un programma di modellazione 3D. La prima operazione da compiere è certamente la messa in scala del modello, affinché corrisponda alle misure rilevate. Una volta orientata e scalata la mesh occorre elaborarla eliminando per quanto possibile le imperfezioni accertate.

La mesh viene elaborata e decimata in modo da ottenere un risultato più omogeneo, a questo punto è possibile ricavare delle sezioni significative. Come nel caso delle mesh ottenute da scansione laser si possono ottenere delle sezioni a passo costante funzionali alla ricostruzione 3D solida della volta²⁸.

Uno dei passaggi più importanti della restituzione è infatti quello di trasformare la pelle rilevata in un modello solido che permetta elaborazioni di varia natura, tra cui la suddivisione stereo-

tomica.

Geometricamente la volta è scomponibile in elementi che giacciono su piani e in superfici comunque orientate nello spazio. Tali superfici possono essere rigate o a doppia curvatura a seconda che la volta sia rampante secondo un profilo rettilineo oppure curvilineo. Le linee ideali di congiunzione tra le diverse superfici sono costituite da archi che giacciono su piani: quattro sono i piani delle pareti dell'area da coprire su cui giacciono gli archi d'imposta della volta, due sono i piani diagonali su cui giacciono gli archi delle nervature principali. Sono poi riconoscibili altri piani in numero pari alle nervature secondarie che compongono le volte stellari. Questi sono i piani significativi da utilizzare per eseguire le sezioni del modello. L'extrapolazione delle sezioni consente di determinare lo spessore delle modanature, la forma delle chiavi e l'andamento generale delle diverse curvature. Per questo motivo sono importanti soprattutto le sezioni in corrispondenza degli assi della volta e delle nervature, oltre che quelle che affettano il modello

Fig.15 - Sezioni a passo costante nelle due direzioni principali parallele ai lati della base della volta. Le intersezioni tra i piani di taglio e la superficie permettono di creare delle polilinee da usare nella ricostruzione del volume della volta.



parallelamente, utilizzando un passo costante (Fig.15). Le sezioni ottenute si confrontano con le costruzioni teoriche della curvatura. A questo punto si valuta il grado di approssimazione che si intende considerare corretto. Nei casi esaminati, le sezioni realizzate si discostano poco dalle curvature di arco di cerchio tranne alcuni rari casi in cui la conformazione della volta è stata alterata e tale alterazione è visibile in maniera macroscopica, anche senza l'ausilio di verifica tramite misurazione. Una volta approssimate le sezioni con curve continue si può procedere ad una modellazione matematica²⁹ che tuttavia deve ricalcare per quanto possibile il modello discreto. Il necessario passaggio dalla superficie numerica a quella matematica rende più facile le operazioni di modellazione.

Per la determinazione dei profili modanati occorre un rilievo fotografico di maggior dettaglio, in pratica con scatti più ravvicinati e circoscritti ad una porzione specifica della volta (Fig.16). In questo modo è possibile ottenere sezioni dei profili e procedere alla ricostruzione geometrica.

4.2.2 Da superfici discrete a superfici continue: creazione del modello finito della volta

La modellazione di una volta nervata assegnando a priori alcuni dati è abba-

stanza semplice. Tenendo presente la costruzione suggerita dai trattatisti si possono tracciare le porzioni dei diversi archi nello spazio e poi costruire le superfici tra essi racchiuse. Le nervature vengono costruite per estrusione del profilo modanato lungo la curva del costolone, e le chiavi con gemma pendula per rivoluzione. Dunque, assegnata la pianta su cui insiste la volta e la freccia degli archi d'imposta ogivali, supponendo che la nervatura principale sia un semicerchio, la costruzione ricalca quella proposta nel capitolo 3.

Nel modellare una volta costolonata reale non è possibile partire utilizzando la rete di curve che invece veniva indicata in fase di progetto. Non è possibile rilevare direttamente la freccia della volta per la presenza della chiave, e nemmeno la quota d'imposta per la presenza dei peducci. E' possibile però ricavare con rilevamento diretto la curvatura dell'intradosso dei costoloni misurando con le proiezioni a terra le quote di almeno tre punti per ogni costolone curvilineo. O meglio ancora tramite l'esecuzione di tagli della mesh restituita dalla foto modellazione utilizzando piani opportunamente orientati che permettono di ricavare la traccia delle diverse curvature. Nel primo caso è possibile tracciare un arco passante per tre punti per ogni costolone nel secondo caso si ottiene direttamente la curvatura,

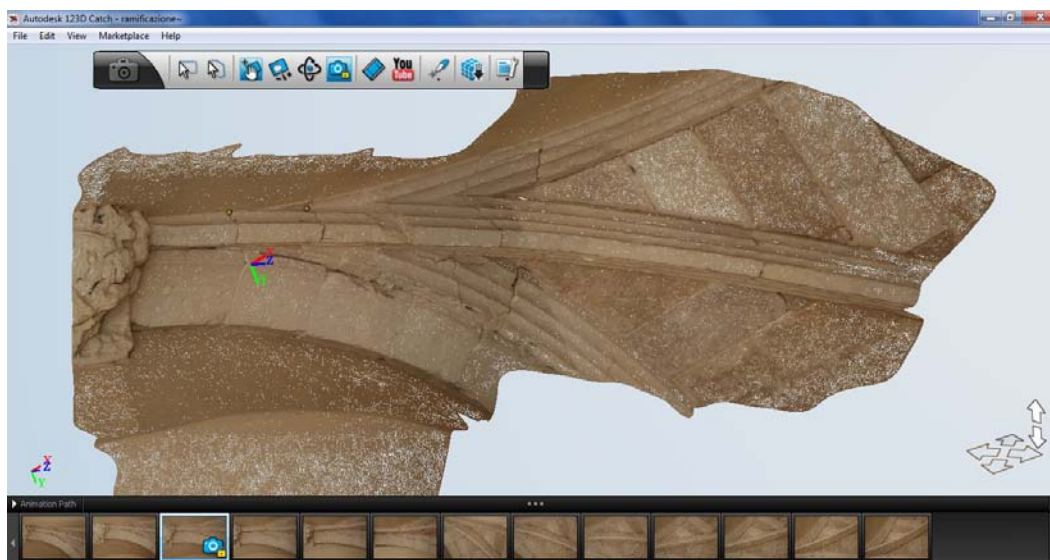


Fig.16 - Modello di dettaglio di una porzione della nervatura.

che seppure composta da un gran numero di segmenti può essere interpolata da una curva continua che generalmente coincide con un arco di cerchio o con una porzione di ovale nel caso delle volte la cui imposta è un arco ribassato. L'arco così ottenuto incontrerà le pareti verticali e individuerà i punti d'imposta della volta, mentre la sua intersezione con gli altri archi dei costoloni darà la posizione del punto di chiave. Si ricava così la rete delle curve su cui si potrà procedere all'estruzione dei profili modanati. Al di sopra dei costoloni modanati si costruirà l'intradosso delle unghie della volta. Costruita la superficie dell'intradosso assegnando a questa uno spessore si ottiene la porzione di volta tra i costoloni e in definitiva il modello completo del sistema nervatura volta.

Purtroppo non è stato possibile in nessun caso determinare lo spessore vero e pro-

prio del concio della volta. Tutte le volte documentate si trovano in buone condizioni statiche e quindi non presentano quadri fessurativi o episodi di distacco dei conci che permettano di raccogliere tali dati. L'unica informazione certa è lo spessore totale dall'intradosso alla copertura che tuttavia non fornisce indicazioni certe su quale doveva essere la conformazione originaria dalla copertura. Le coperture attuali sono, infatti, il risultato di successivi interventi di sostituzione e sovrapposizione di strati. L'unico edificio allo stato di rudere che presenta volte costolonate è la chiesa di Sant'Andrea a Martis, tuttavia proprio le parti relative alle volte tardogotiche sono ancora in piedi e sono state anche oggetto di interventi di consolidamento che hanno nascosto la possibilità di conoscere i dati sullo spessore dei conci che costituiscono l'unghia.

Fig.17 - Sezione della modanatura



1. Sul superamento del concetto di riduzione in scala legato alle possibilità offerte dal disegno informatico
Migliari, R., L'impostazione scientifica del rilievo,
<http://w3.uniroma1.it/riccardomigliari/Ref/FullText.aspx?ID=27>
2. Freddi, M., Un rilievo della cattedrale di Iglesias, *Bollettino del Centro di Studi per la Storia dell'Architettura*, XVII, 1961, pp. 129-136.
3. Edwards, B., *Understanding Architecture Through Drawing*, Taylor & Francis, US, 2008.
4. Marino, L., *Il Rilievo Per Il Restauro*. Milano: Hoepli, 1990.
5. Il principio alla base della tecnica SfM è quello di stabilire la relazione tra immagini differenti analizzando la posizione relativa e assoluta degli oggetti in esse ritratti. Yang, M.D., Chao, C.F., Huang, K.S., Lu, L.Y., Chen, Y.P.,. Image-based 3D scene reconstruction and exploration in augmented reality. *Automation in Construction*. In press. Corrected proof.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512001690> (30 Jan. 2013).
6. Rodigruz Navarro, P., La fotogrammetria digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos, *EGA*, n 20 Anno 17/2012 pp. 100-111.
7. [http://www.123dapp.com/\(08/11/2012\)](http://www.123dapp.com/(08/11/2012))
8. EXIF è il file che raccoglie i metadati che la fotocamera associa ad un'immagine quando questa viene scattata.
9. <http://homes.esat.kuleuven.be/~visit3d/webservice/v2/index.php>, <http://www.agisoft.ru/>,
<http://www.rhinophoto3d.com/>, [http://www.photomodeler.com/.\(08/11/2012\)](http://www.photomodeler.com/.(08/11/2012))
10. <http://www.photomodeler.com/>
11. Docci, M., Maestri, D., *Manuale Di Rilevamento Architettonico e Urbano*. Laterza, 2009. pp.92-94.
12. Docci, M., Maestri, D., op. cit.
13. Remondino, F., 2011. Rilievo e modellazione 3D di siti e architetture complesse. *Disegnarecon*, 4, pp. 90-98.
14. National Institute of Standard and Tecnology U.S. Department of Commerce:
<http://www.nist.gov/index.html>, NIST Definition of Cloud Computing
<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
15. Filippucci, M., Nuvole di pixel. La foto modellazione con software liberi per il rilievo d'architettura. *DISEGNARECON*, 3, Dec. 2010. Disponibile all'indirizzo: <<http://disegnarecon.unibo.it/article/view/2081>>.
16. Snavely, N., Seitz, S.M., Szeliski R., Modeling the World from Internet Photo Collections. *International Journal of Computer Vision*, 80(2), 2008, pp. 189-210.
17. Furukawa, Y.,. PMVS2, Department of Computer Science and Engineering, University of Washington, Seattle, Washington. 2010, <http://grail.cs.washington.edu/software/pmvs/>
18. Vergauwen, M., Van Gool, L., Web-based 3D Reconstruction Service. *Machine Vision and Applications* 17, 2006 pp. 411-426.
19. Yang, M.D., Chao, C.F., Huang, K.S., Lu, L.Y., Chen, Y.P., n.d. Image-based 3D scene reconstruction and exploration in augmented reality. *Automation in Construction*. In press. Corrected proof.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512001690>
20. Remondino F. Rilievo e modellazione 3D di siti e architetture complesse, *DISEGNARECON* 4/8 dicembre 2011; Gherardi, R., Toldo, R., Garro, V., Fusiello, A., Automatic camera orientation and structure recovery with Samantha. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, 261-268; Fratus de Balestrini, E., Guerra, F., New instruments for survey: on line softwares for 3d reconstruction from images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, pp. 545-552; Nguyen, H.M., Wünsche, B., Delmas, P., Lutteroth, C., n.d. 3D Models from the Black Box: Investigating the Current State of Image-Based Modeling. *Advanced Computer Graphics: COMPSCI 715 Semester 2 (2012)*, City Campus; Pierrot Deseilligny, M., Clery, I.,. APERO, an open source bundle adjustment software for automatic calibration and orientation of set of images, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, pp. 269-276; Remondino, F., El-Hakim, S., Girardi, S., Rizzi, A., Benedetti, S., Gonzo, L., 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures-The "3D-ARCH" Project, in *Proceedings of the ISPRS Working Group V/4 Workshop 3D-ARCH "Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures"*, 2009.
21. Fiorini A., Archetti V., Fotomodellazione e stereofotogrammetria per la creazione di modelli stratigrafici in archeologia dell'architettura *Archeologia e Calcolatori* 22, 2011, pp. 199-216.
22. Schouteden J., Pollefeys M., Vergauwen M., Van Gool L., Image-based 3d acquisition tool for architectural conservation.
23. Poehler E.E, Ellis S. J. R. The 2011 Season of the Pompeii Quadriporticus Project: The Southern and Northern Sides, *The Journal of Fasti Online* <http://www.fastionline.org>
24. Rodigruz Navarro P, op.cit.
25. Kersten, Th., Lindstaedt, M., Mechelke, K., Zobel, K.,. Automatische 3D-Objektrekonstruktion aus unstrukturierten digitalen Bilddaten für Anwendungen in Architektur, Denkmalpflege und Archäologie.

Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, 21, 2012, pp. 137-148.

26. Kersten, T., Stallmann, D., Automatic texture mapping of architectural and archaeological 3d models. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B5, 2012, pp. 273-278.

27. Yuan-Fang Wang, A Comparison Study of Five 3D Modeling Systems Based on the SfM Principles, 2011

28. Santagati, C., Metodologie digitali per il disegno delle torri di Enna, in Galizia, M., Il disegno delle torri medievali di Enna nel paesaggio urbano tra passato e presente, Giuseppe Maimone Editore, Catania, 2011, pp. 129-160; Santagati, C., Il rilievo mediante laser scanner 3D. Problemi di metodo e procedure inerenti ai beni archeologici e paesaggistici, in Il modello digitale per il progetto: l'esperienza del parco archeologico di Kaukana a Santa Croce Camerina (RG) Sesto congresso UID XXXI Convegno Internazionale delle discipline della rappresentazione - Disegno e progetto - Lercici 13,14,15 ottobre 2009.

29. Migliari, R, Geometria dei modelli, Edizioni Kappa, Roma,2003.

5 CASI STUDIO

5.1 NOTE INTRODUTTIVE

Il metodo di rilevamento illustrato nel precedente capitolo si è rivelato particolarmente rapido da eseguire, di contro ha richiesto un lungo e attento lavoro in fase di restituzione. Tramite foto modellazione sono state rilevate in tutto 23 volte. La scelta è ricaduta su alcuni esempi significativi dell'area del Basso e Medio Campidano e del Barigadu. Le volte sono state scelte in relazione ad alcuni fattori caratterizzanti. Innanzitutto sono stati presi in considerazione due edifici particolarmente significativi per la storia degli studi sul tardogotico della Sardegna. Si tratta delle chiese di San Pietro ad Assemini e di San Giorgio a Sestu nel Campidano di Cagliari. Esse da sole contengono tredici cappelle laterali voltate a crociera semplice o stellare e le due volte a crociera semplice dell'area presbiteriale. A queste sono stati aggiunti i rilievi delle volte di altri due edifici meno documentati sempre dell'area del Campidano di Cagliari: la chiesa di Sant'Antonio Abate a Decimomannu, e la chiesa della Beata Vergine Assunta a Villaspeciosa. Nel Medio Campidano è stata rilevata la volta a crociera semplice della chiesa di Santa Barbara a Furtei. Spostandosi più a nord sono state rilevate le volte delle chiese di San Domenico e Sant'Antonio da Padova a Busachi, centro del Barigadu in provincia di Oristano.

Le chiese dell'area del Campidano di Cagliari presentano caratteristiche simili sotto diversi aspetti: l'impianto volumetrico (tranne l'edificio di Villaspeciosa), la datazione delle cappelle, il materiale impiegato e i motivi decorativi adoperati per le modanature, le chiavi e gli altri elementi lapidei lavorati. Esse rappresentano un campione significativo del modo costruttivo delle chiese e delle volte del sud dell'isola. Infatti ad esse possono assi-

milarsi molte altre volte realizzate nei centri del Basso Campidano, area, come già visto in precedenza, con la maggiore concentrazione di edifici con volte tardogotiche. La chiesa di Furtei rappresenta un caso particolare di intervento tardogotico su una precedente struttura. Essa mostra in maniera evidente le successive stratificazioni degli interventi sia in facciata che negli interni. Inoltre è significativo l'accostamento dei diversi materiali lapidei presenti in loco per la realizzazione di elementi lavorati. Le chiese di Busachi sono invece due edifici, realizzati nella seconda metà del XVI secolo che ben rappresentano la commistione degli stili che si registrò a fine secolo, specie nelle chiese dell'oristanese, del Barigadu e del Mandrolisai. Esse sono realizzate in vulcanite e permettono così di evidenziare differenze e affinità rispetto alle realizzazioni in calcare.



Fig.1 – Ubicazione delle chiese rilevate.

Dalle considerazioni sui materiali adoperati nella realizzazione delle volte si è potuto mettere in evidenza che tutte le chiese del Basso Campidano sono state realizzate con materiali lapidei provenienti dalle cave di Cagliari. Nei centri esaminati non esistono molte costruzioni in pietra. L'architettura tradizionale era fatta con materiali poveri reperibili in loco. Tutto l'edificato del centro storico di Assemini, Decimomannu, Sestu e Villaspeciosa è infatti realizzato in *ladiri*, mattone in terra cruda. Questo perché in queste aree alluvionali, il materiale lapideo è scarsamente reperibile. L'architettura rurale ha quindi optato per materiali

a poco prezzo, mentre per gli edifici importanti, e cioè le chiese, si era disposti a sopportare costi più elevati e quindi a trasportare il materiale da costruzione facendolo arrivare dalle cave nei pressi della città. Le cave di calcare dell'area di Cagliari sono illustrate in Fig.2. Essa è l'elaborazione della carta di Barroccu¹ da cui sono stati estrapolati i dati delle cave storiche da cui veniva estratta la pietra calcarea utilizzata per la costruzione di moltissimi edifici e opere nella città e nelle aree limitrofe. Queste cave furono adoperate anche per cavare il materiale utilizzato nella realizzazione delle chiese di Assemini, Decimomannu, Sestu e

Fig.2 - Cave storiche dell'area urbana di Cagliari.

- Pietra Forte
- Tramezzario
- Pietra Cantone
- Alluvioni terrazzate



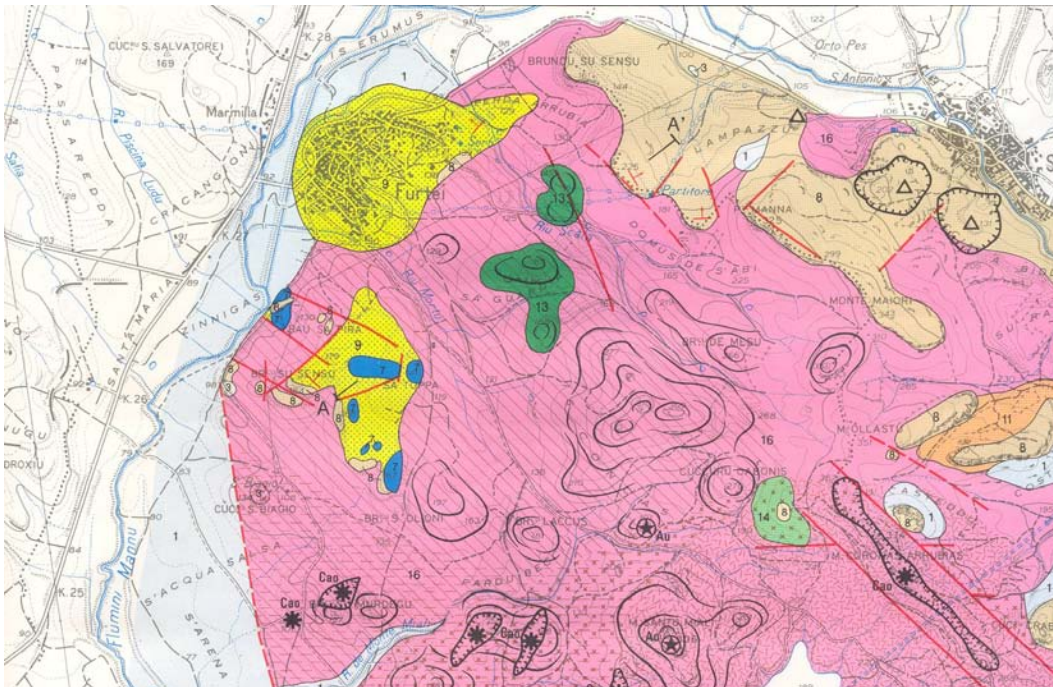


Fig.3 - Carta geologica dell'area di Furtei².

- LEGENDA**
- Alluvioni recenti
 - Marne e marne arenacee grigo-giallastre compatte
 - Depositi epiclastici di gravel, sand e mud facies
 - Arenarie
 - Lave andesitiche
 - Sequanze piroclastico-sedimentarie
 - Lava basaltica
 - Lave andesitiche grigie

Villaspeciosa. Dal punto di vista dei materiali la chiesa di Furtei è molto importante perché è l'esempio tipico di quegli edifici che utilizzano una commistione di materiali locali, tagliati in pezzature differenti lavorati in forme specifiche a seconda dell'impiego nella fabbrica. Così troviamo i grossi pilastri monolitici che reggono gli arconi che separano le tre navate, i conci lavorati che costituiscono la volta e gli archi d'accesso alle cappelle, la pezzatura

irregolare utilizzata per la facciata. Tutti i materiali da costruzione provengono da cave nelle vicinanze del centro. L'area di Furtei è infatti caratterizzata da una varietà geologica che ha consentito di reperire materiali in loco. Infine, le chiese di Busachi sono esempio per l'uso della vulcanite nella costruzione delle volte tardogotiche. Tutta l'area che da Fordongianus arriva ad Ula Tirso è caratterizzata dall'uso della vulcanite nella realizzazione

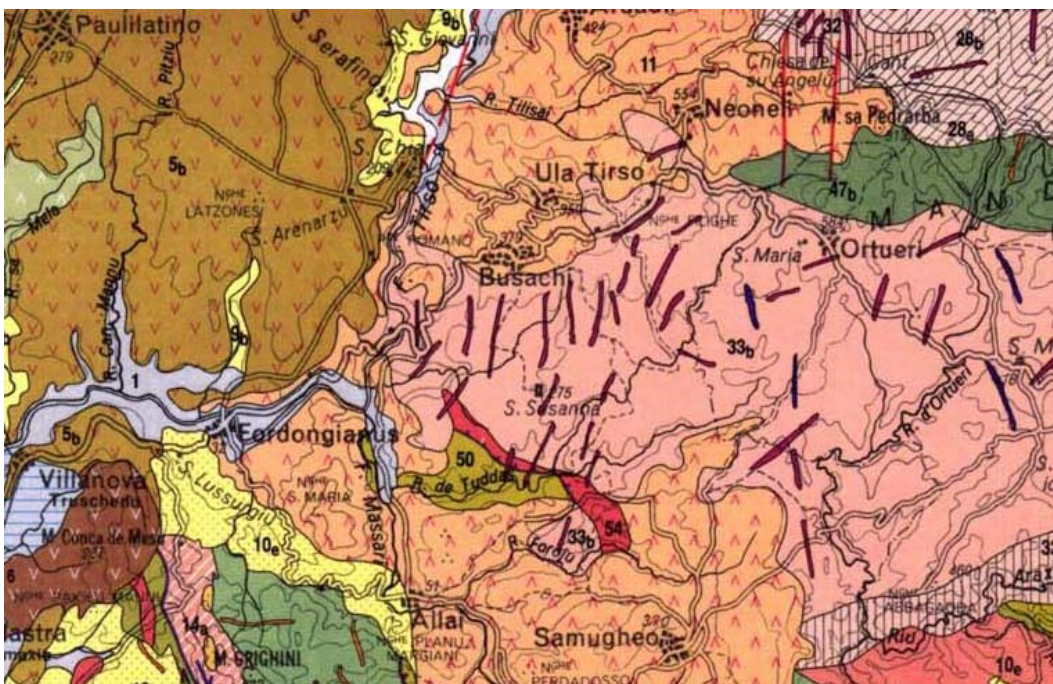


Fig.4 - Porzione della carta geologica della Sardegna³. Per brevità si riporta la sola dicitura dell'area in cui ricade il territorio comunale di Busachi:

- LEGENDA**
- 11 - Ciclo vulcanico calcareo oligo-miocenico: Rioliti
 - 33b - Complesso plutonico del carbonifero sup. - Permiano: Tonaliti

delle chiese tardogotiche. Il colore della pietra varia nei diversi centri a seconda della disponibilità in loco. Ma anche se il materiale è facilmente reperibile non tutto presenta le stesse caratteristiche di lavorabilità, cosicché i conci venivano selezionati e in alcuni casi fatti arrivare da cave di altri centri. Per quanto riguarda Busachi non è stato possibile individuare il

sito di estrazione, tuttavia l'intero centro appare come scavato nella roccia che veniva utilizzata per la costruzione degli edifici. La vulcanite di tonalità grigia risulta quella utilizzata per la realizzazione dei conci modanati e lavorati, mentre quella di tonalità rosso scura è impiegata di preferenza nella realizzazione dei paramenti murari degli edifici civili.

5.2 CATALOGO

5.2.1 Assemini, San Pietro

La chiesa parrocchiale di San Pietro ad Assemini è databile al XVI secolo. Essa è uno degli esempi più completi e maggiormente conservati dell'architettura delle chiese tardogotiche a terminale piatto del sud Sardegna. Fu Renata Serra⁴ a identificare questo tipo di edifici che, secondo la sua ipotesi, ereditano le caratteristiche e l'impianto della chiesa di San Giacomo edificata a fine XIV secolo nel quartiere Villanova a Cagliari. Essa, più volte modificata nel corso dei secoli, conserva comunque quei caratteri peculiari dell'impianto tardogotico che poi ebbe tanta fortuna nell'isola. La chiesa di Assemini è composta da un'aula coperta con tetto ligneo sorretto da archi diaframma che scandiscono e suddividono lo spazio. L'aula si incrocia con un transetto voltato a botte di realizzazione successiva e prosegue in un'abside anch'esso coperto a botte. L'incrocio tra transetto e aula è rialzato e coperto con una volta a crociera semplice con gemma pendula in chiave, peducci e costoloni lavorati. Tra gli archi diaframma si aprono numerose cappelle di cui quattro sono coperte con volte tardogotiche a crociera semplice o stellare. Le cappelle sono indipendenti una dall'altra e conser-

vano, a differenza di altre simili, lo schema tipico con cui venivano realizzate. Da recenti studi⁵ si è potuto risalire alla data di edificazione delle diverse cappelle, avvenuta tra la seconda metà del XIV secolo e l'inizio del XVII. Come si evince dalla trascrizione di alcuni contratti e atti notarili a seconda del committente veniva preferita la realizzazione delle volte a crociera semplice, della copertura a volta stellare, o della copertura a botte. Nei contratti erano inoltre specificati i modi, i materiali e realizzazioni da prendere ad esempio. Le cappelle di Assemini con volte tardogotiche sono quattro. Le volte che le coprono sono però cinque. Infatti, una delle cappelle sulla sinistra è composta di due volte in successione e si sviluppano perpendicolarmente alla lunghezza maggiore dell'aula. La volta che si affaccia sull'aula è stellare con cinque chiavi e fu realizzata con molta perizia. Quella sul fondo della cappella, certamente realizzata dopo, è piuttosto irregolare, non possiede una chiave lavorata ma solo le nervature. Inoltre il paramento della volta tra le nervature è realizzato con elementi di forma e dimensione differenti non tagliati stereotomicamente a differenza di quanto si può osservare nelle altre cappelle in cui i conci sono sempre squadri e ben disposti.



Fig.5 - Inquadramento

Fig.6 - Vista generale



Fig.7 - Dettagli dell'esterno delle cappelle laterali.



Fig.8 - Interno



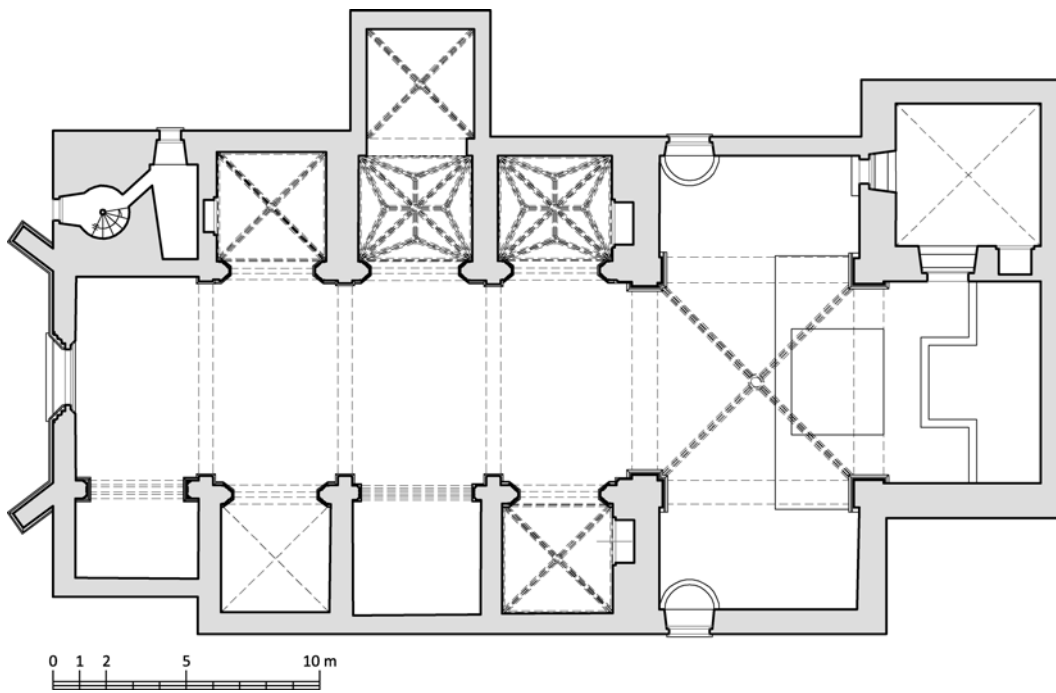


Fig.9 - Pianta con la proiezione a terra delle nervature delle volte

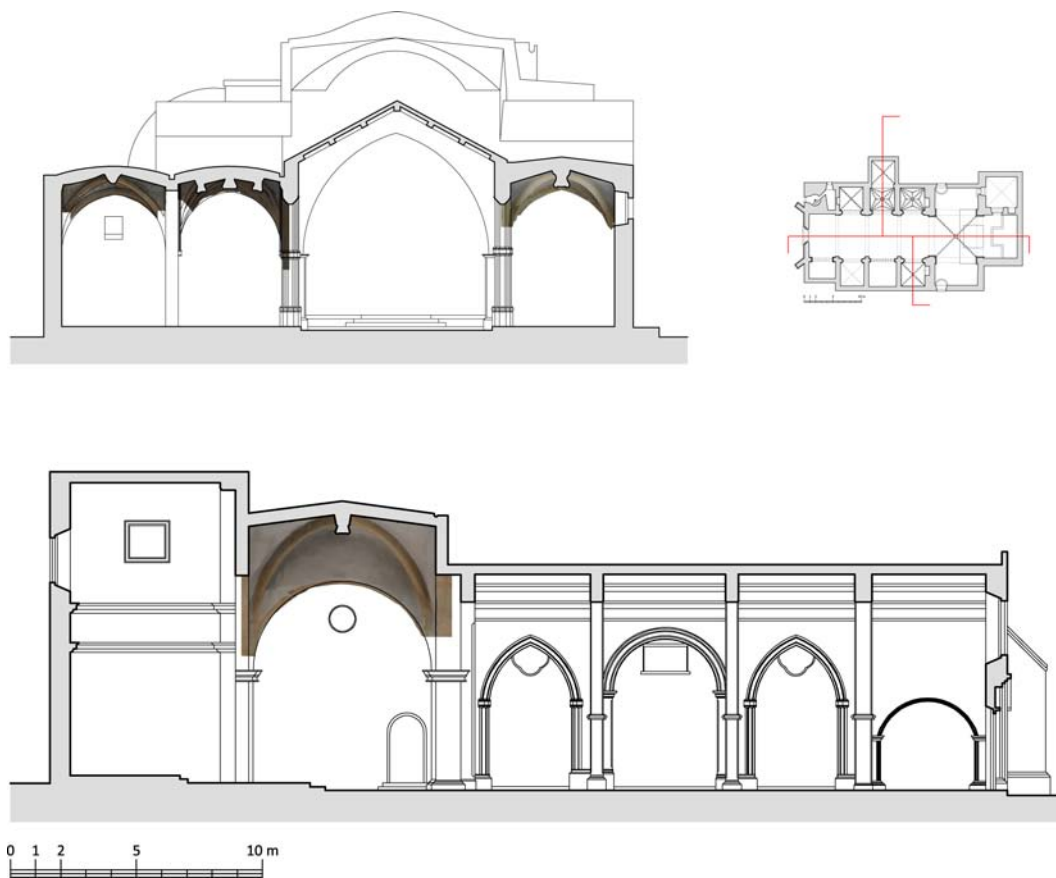


Fig.10 - Sezioni

Fig.11 - Pianta delle volte

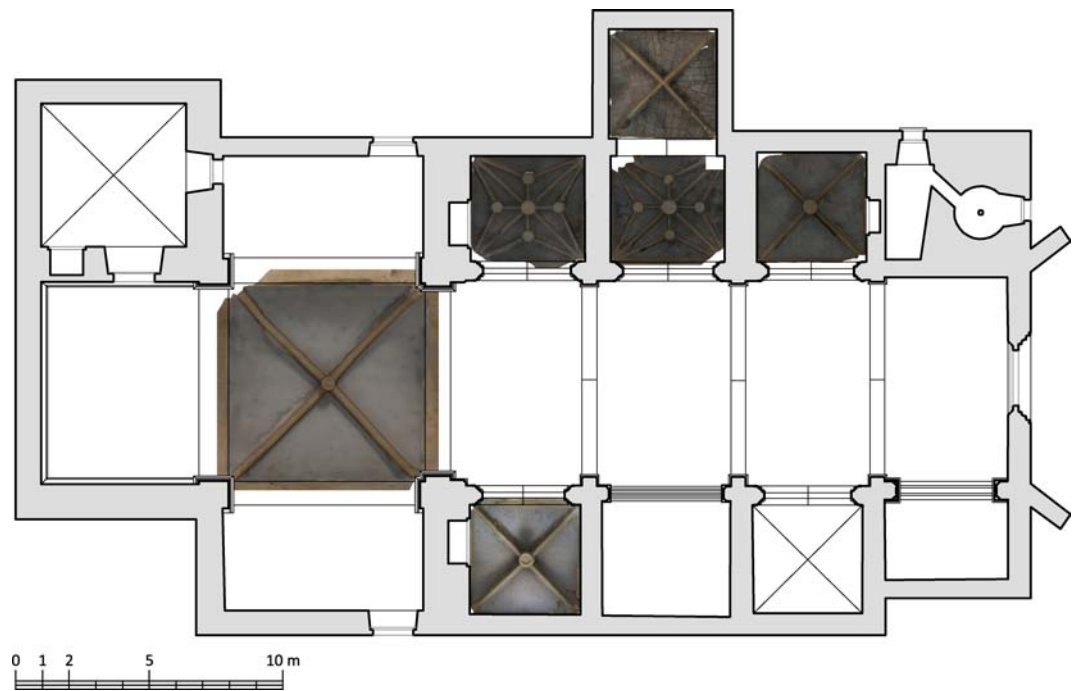
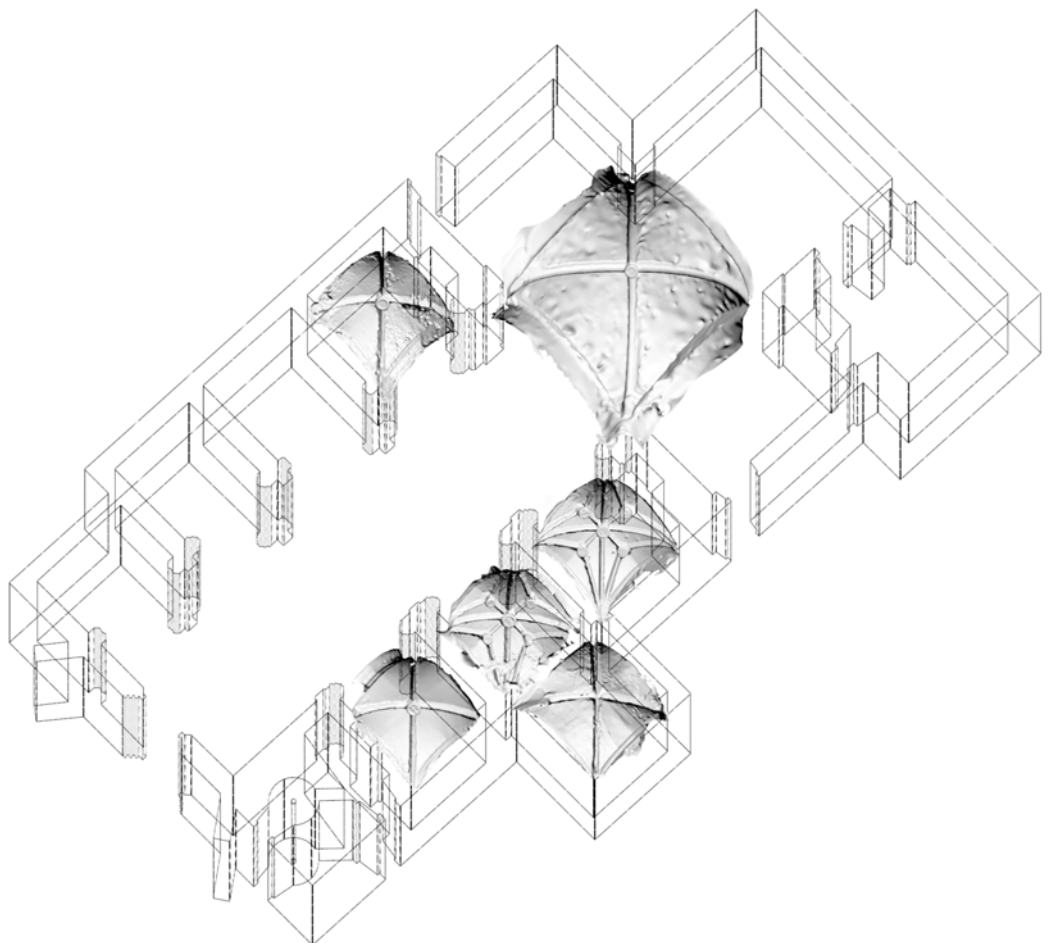
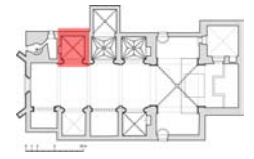
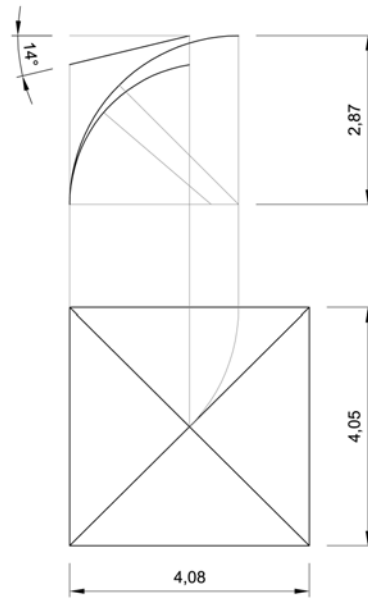
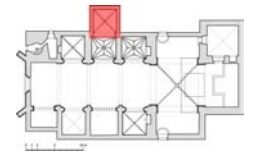
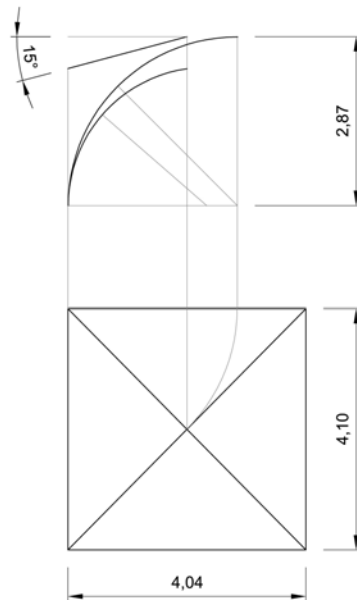


Fig.12 - Schema
assonometrico della
posizione reciproca
delle volte

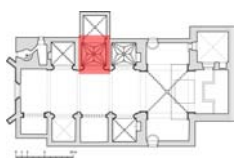




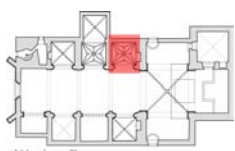
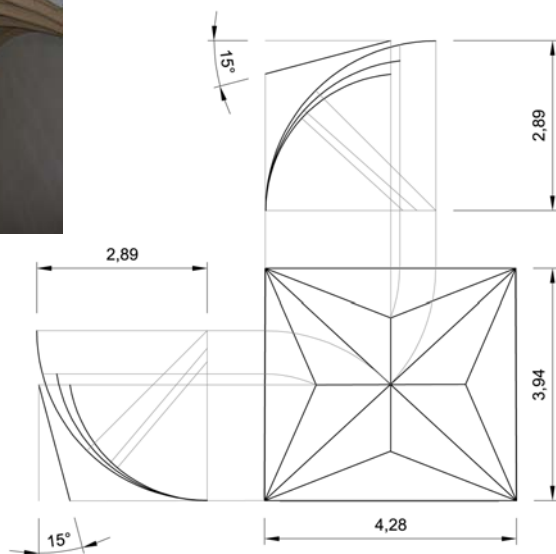
*Cappella laterale 1:
schema geometrico*



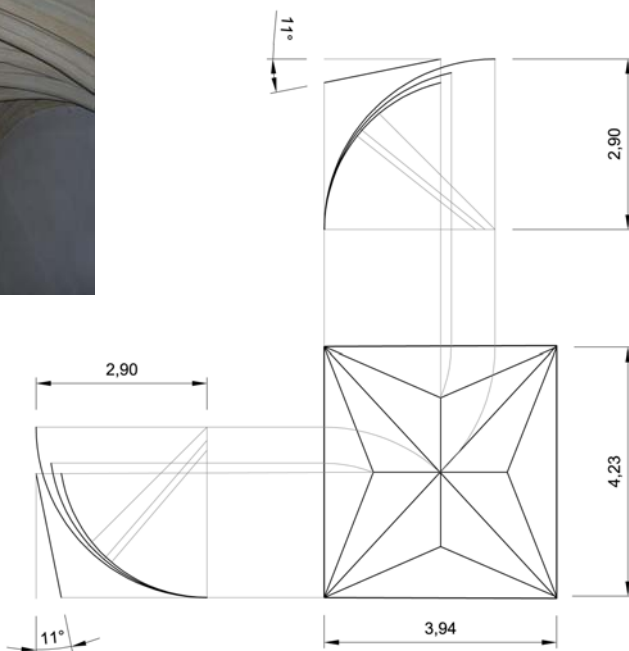
*Cappella laterale 2a:
schema geometrico*

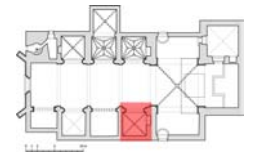
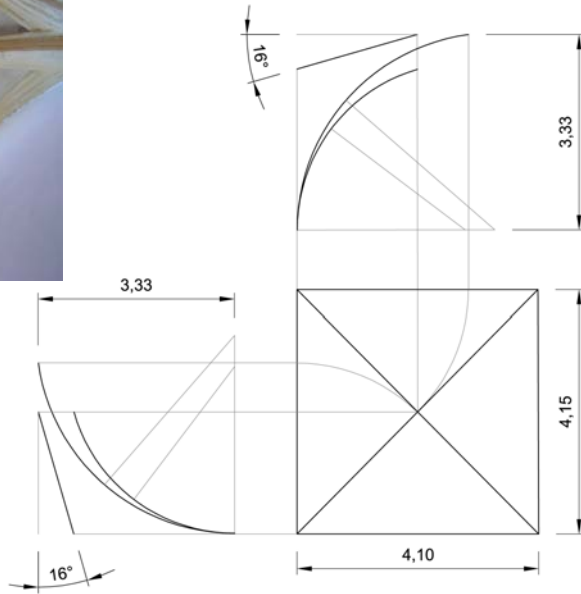


Cappella laterale 2b:
schema geometrico

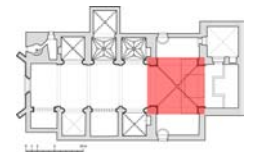
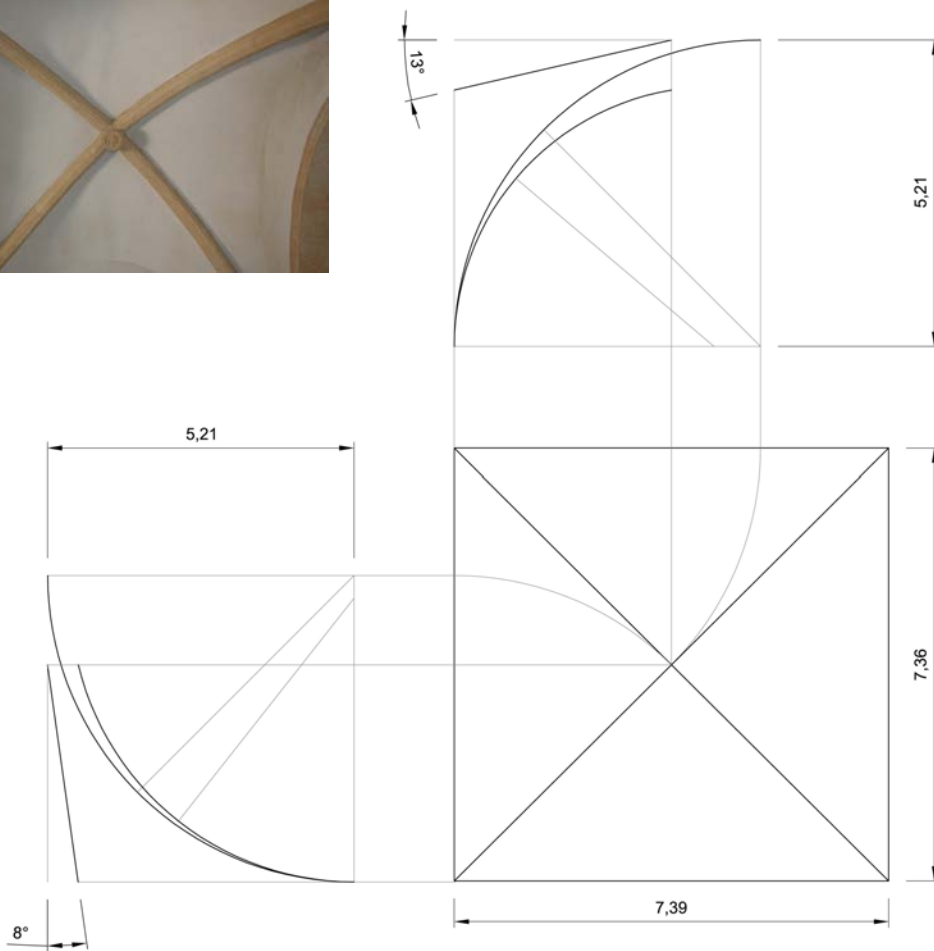


Cappella laterale 3:
schema geometrico





Cappella laterale 4:
schema geometrico



Incrocchio del transetto:
schema geometrico

5.2.2 Decimomannu, Sant'Antonio Abate

La chiesa di sant'Antonio Abate a Decimomannu presenta ancora oggi molte delle caratteristiche delle chiese tardo gotiche del sud dell'isola. Essa fu edificata nel XVI ma di essa si hanno notizie anche nel XV secolo⁶. All'esterno ha quell'aria disadorna tipica degli edifici gotico-catalani. La facciata e il campanile hanno subito nel corso del tempo dei rimaneggiamenti che hanno alterato in parte le caratteristiche originarie. L'interno è a navata unica coperta da tetto ligneo. Lo spazio è scandito da tre archi diaframma. Sul fondo dell'aula si apre l'arco modanato che dà accesso alla capilla mayor più stretta e bassa della navata, come d'uso nelle fabbriche di tipo gotico-catalano dell'isola. Sulla parete di fondo dell'area presbiteriale sono aperte due piccole finestre che danno luce all'altare e alla volta a crociera stellare a cinque chiavi che lo sovrasta. Sui due lati della navata si aprono le cappelle. Sulla destra si trovano quelle più antiche databili al XVI secolo che sono voltate a crociera semplice con nervatura e conci di chiave con gemma pendula scolpita. Dai libri parrocchiali si evince che alla data del 1599 la chiesa

aveva tre cappelle intitolate una al Santissimo Crocifisso che si trova scolpito sulla chiave della volta, una a San Sebastiano e una a Sant'Antonio Abate. Attualmente, le tre cappelle sono comunicanti tra loro per effetto dell'apertura di passaggi nei setti che originariamente le separavano. Esse sono di dimensioni molto simili (lo scarto tra le corrispondenti misure in pianta e alzato delle tre cappelle è di pochi centimetri). Inoltre, le modanature degli archi d'accesso alle cappelle, i costoloni, gli elementi decorativi sono molto simili. Questo fa pensare a un intervento unitario per la loro realizzazione. Sul lato sinistro il complesso è stato completato con tre cappelle voltate a botte (forse del XVIII secolo). Dall'ultima cappella a destra si accede alla sacrestia che è coperta con una cupola a spicchi su base quadrata e ornata all'interno da cornici classiche. Gli altri locali sono stati realizzati in tempi successivi, in particolare quello nella parte anteriore destra. La parte bassa del campanile appare come coeva alla fabbrica tardo gotica mentre la parte superiore è stata edificata nel XIX secolo⁷.

Fig.13 -
Inquadramento





Fig.14 - Facciata



Fig.15 - Dettagli dell'esterno delle cappelle laterali.



Fig.16 - Interno

Fig.17 - Pianta con la proiezione a terra delle nervature delle volte

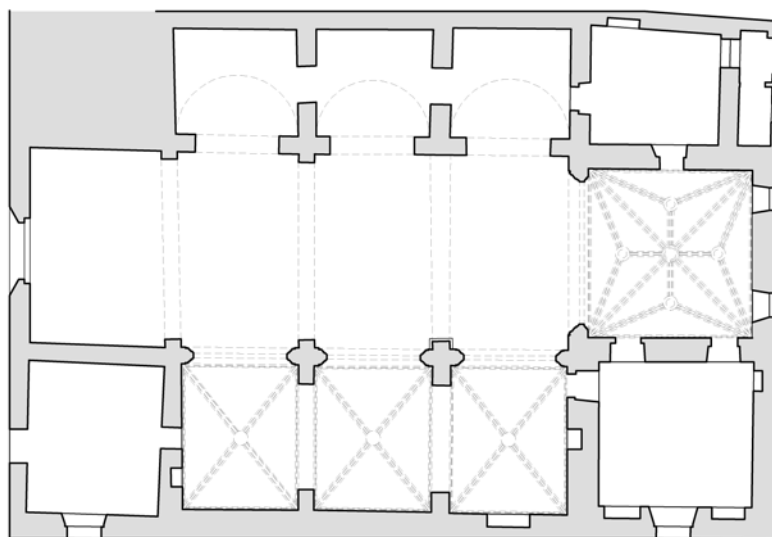


Fig.18 - Sezione

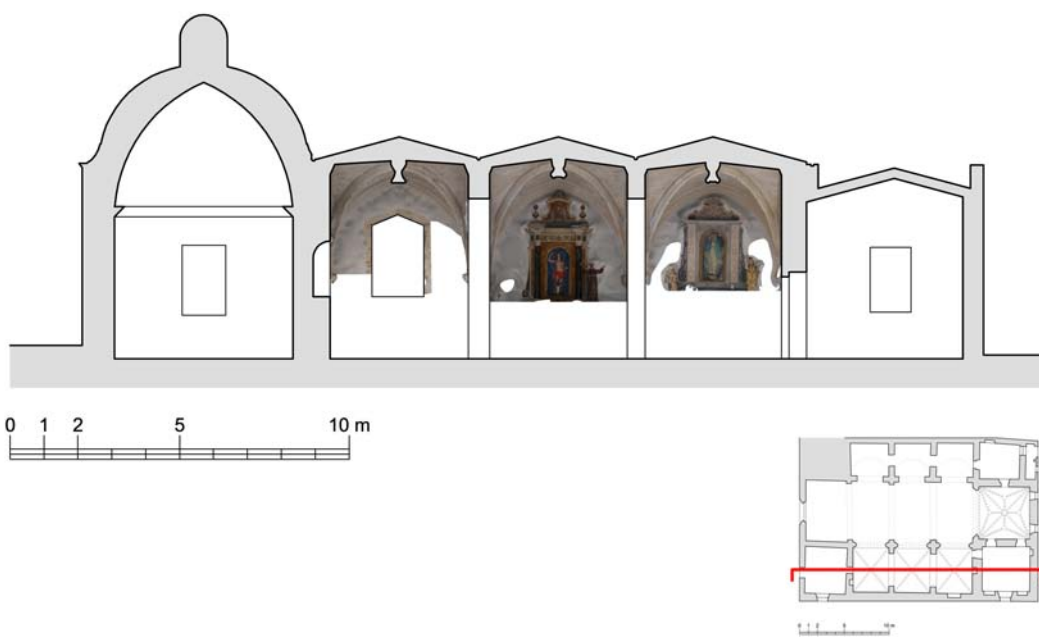


Fig.19 - Pianta delle volte

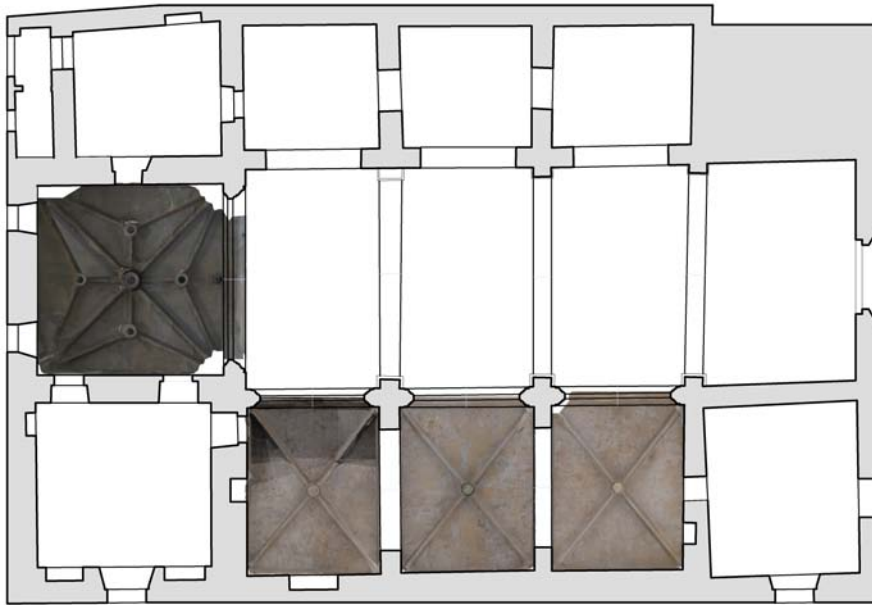
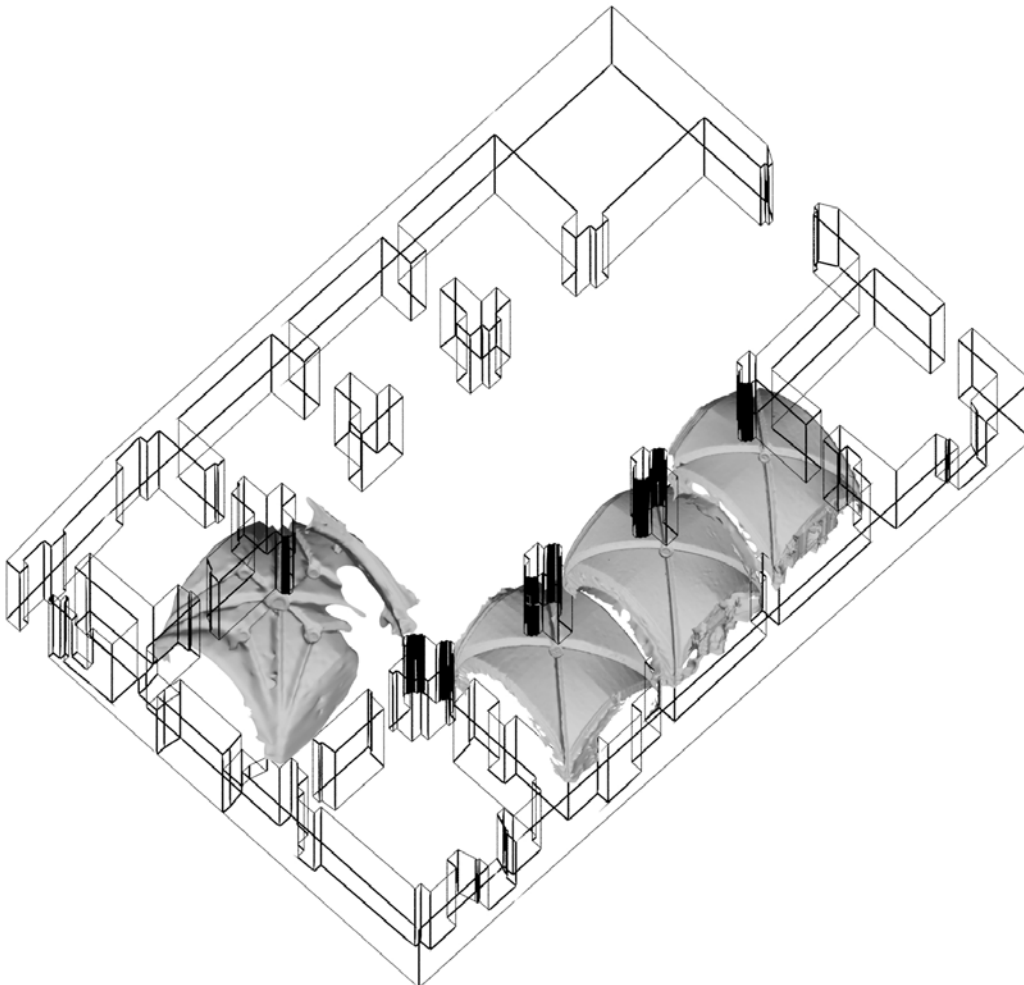
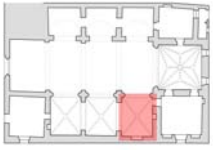
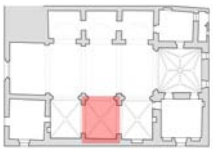
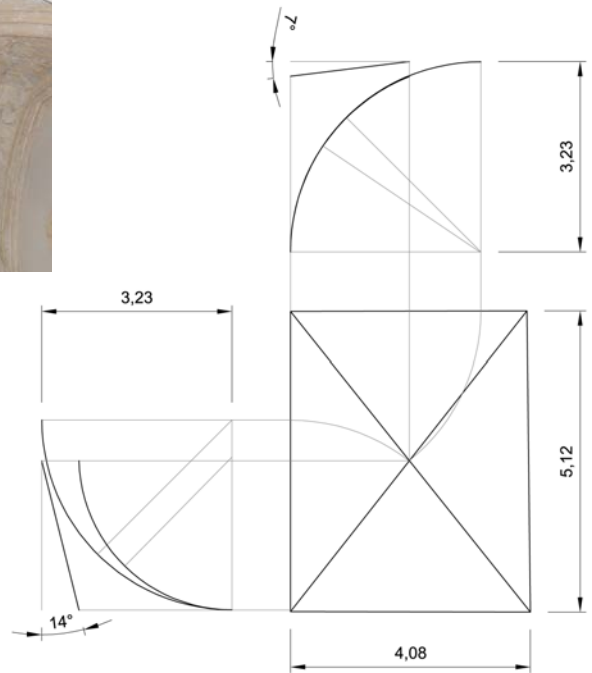


Fig.20 - Schema
assonometrico della
posizione reciproca
delle volte

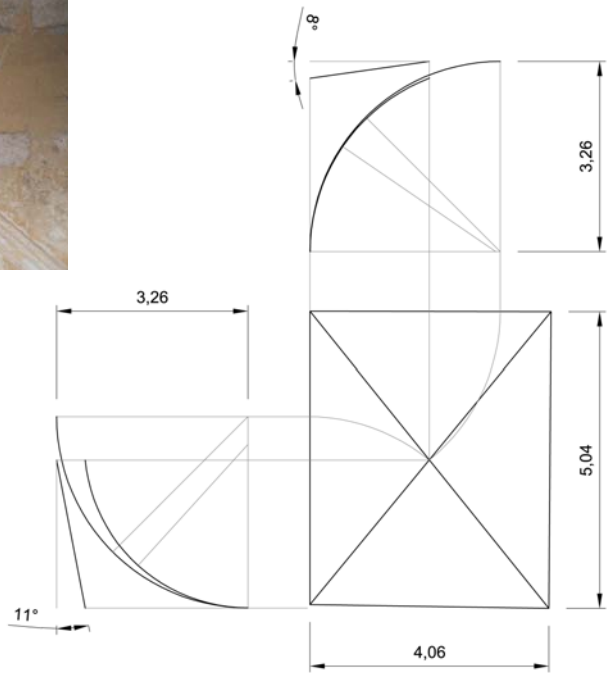


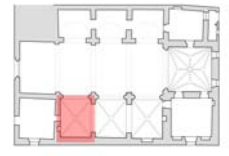
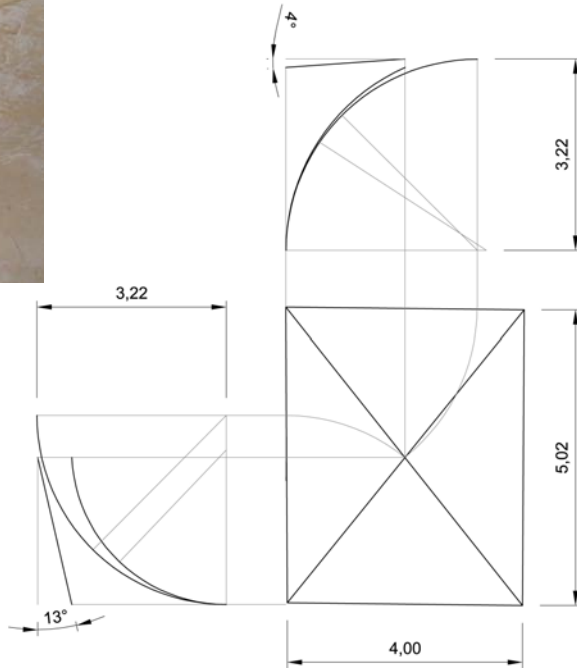


Cappella laterale 1:
schema geometrico

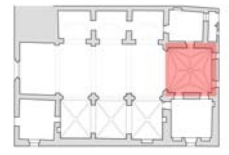
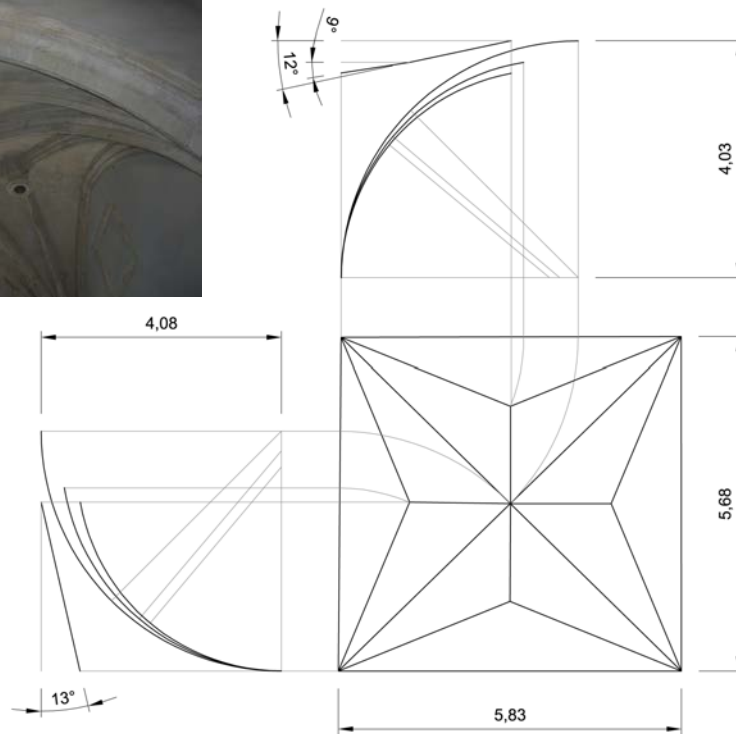


Cappella laterale 2:
schema geometrico





Cappella laterale 3:
schema geometrico



Presbiterio: schema
geometrico

5.2.3 Sestu, San Giorgio

La chiesa parrocchiale di San Giorgio fu edificata nel XVI secolo, almeno per ciò che riguarda l'aula e il presbiterio. L'iscrizione di ultimazione dei lavori, nella cornice d'imposta della volta della navata in corrispondenza della seconda parasta a sinistra, riporta la data 1567⁸, ubicata alla base della volta dell'aula, all'altezza della seconda parasta a sinistra. Le cappelle furono realizzate in tempi differenti tra la fine del XVI e l'inizio del XVII secolo come per la vicina chiesa di Assemini. Essa rappresenta un esempio molto importante per l'architettura tardogotica del sud Sardegna sia per omogeneità sia per completezza dell'edificio. Essa, infatti, non ha subito che pochi aggiustamenti sia negli esterni sia negli interni.

La chiesa è a navata unica coperta con volta a sesto acuto suddivisa in cinque campate da archi diaframma; tra essi si aprono le cappelle laterali realizzate fra i contrafforti esterni necessari a bilanciare la spinta della volta a botte. Rispetto ad altre chiese sono molto numerose: cinque a destra e quattro a sinistra. Esse si aprono sull'aula con archi modanati a sesto acuto. Le cappelle sono tutte coperte con volta a crociera semplice o stellare con gemme pendule. Quelle con volta a

crociera stellare sono le simmetriche e le più vicine all'altare. La seconda da destra presenta invece una variante della crociera semplice con cinque gemme. In molte delle cappelle sulla parete di fondo, mancano i peducci da cui si dipartono i costoloni del vano coperto dalla volta, probabilmente asportati per aprire le finestre oggi presenti. Anche alcuni conci di chiave appaiono tagliati e non hanno più la parte a goccia. Difficile in questo caso ipotizzarne i motivi, anche se quello più plausibile potrebbe essere un deterioramento del materiale. Le decorazioni degli pseudo capitelli degli archi d'ingresso alle cappelle, i peducci e le gemme delle volte sono notevoli per la qualità dell'esecuzione e per le decorazioni a motivi fitomorfi e figurativi. In particolare sono interessanti le decorazioni dei peducci della seconda cappella a destra che rappresentano i simboli dei quattro evangelisti, quelle delle gemme della volta stellare a sinistra, che rappresentano due soli, la luna, un angelo e Cristo crocifisso e infine il San Giorgio raffigurato sulla chiave di volta della capilla mayor. La prima cappella a sinistra ha la particolarità di essere molto bassa e tozza perché si trova alla base del campanile. Purtroppo non è stato possibile rilevarla perché ingombra di materiali.

Fig.21 -
Inquadramento





Fig.22 - Facciata



Fig.23 - Dettagli dell'esterno delle cappelle laterali.



Fig.24 - Interno

Fig.25 - Pianta con la proiezione a terra delle nervature delle volte

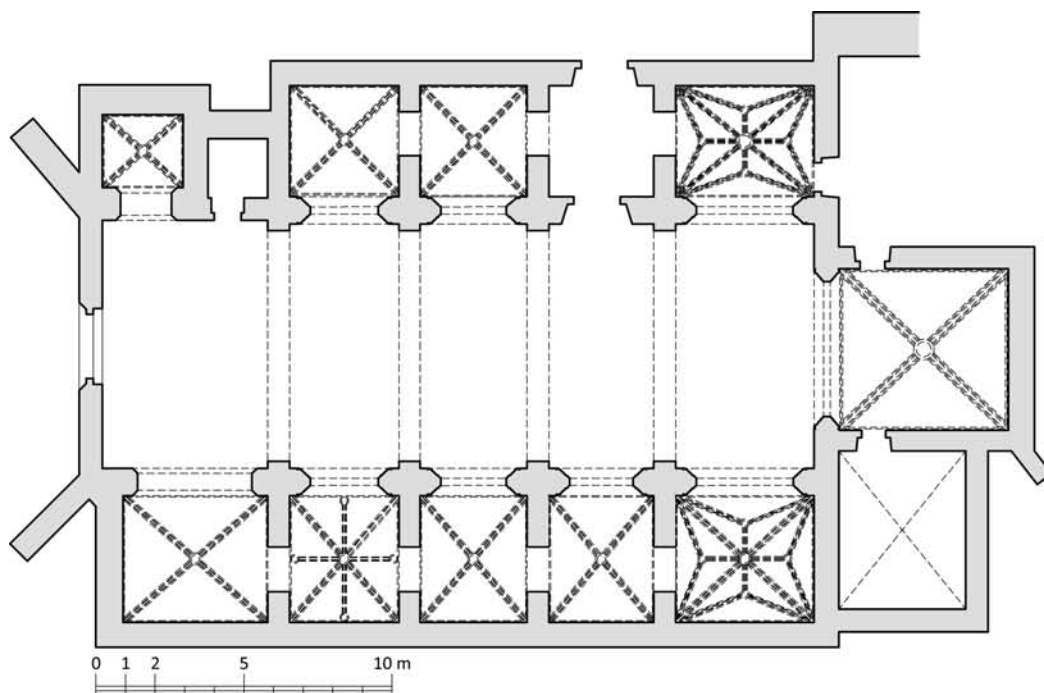
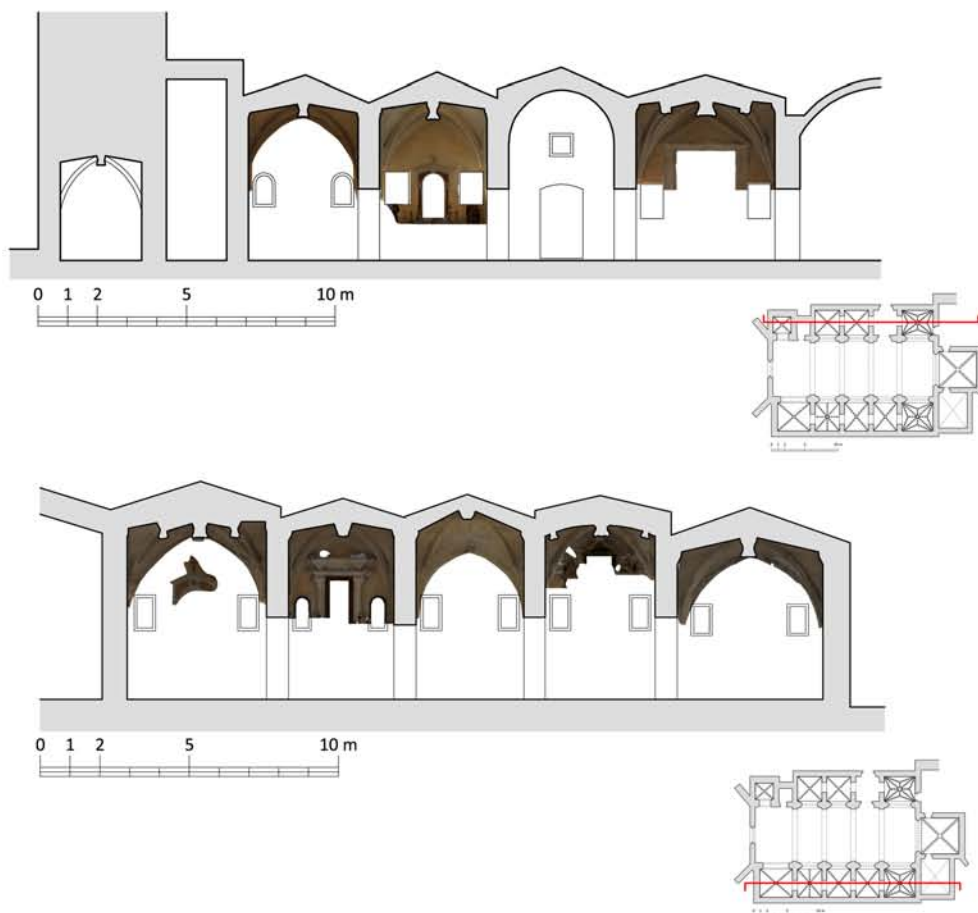


Fig.26 - Sezioni



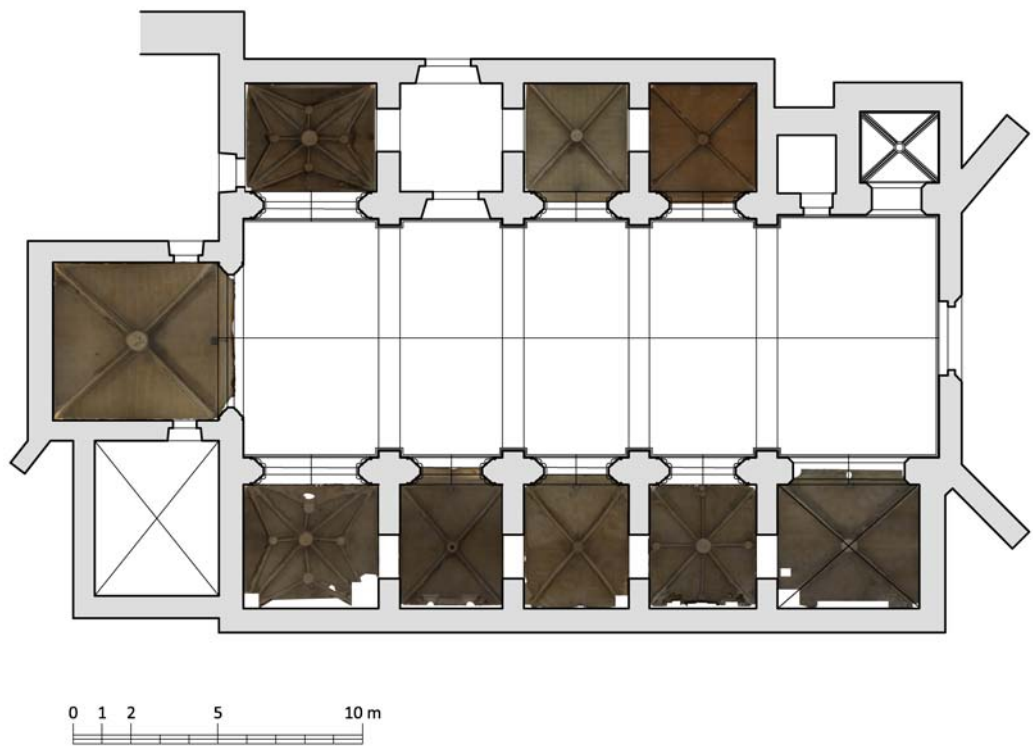


Fig.27 - Pianta delle volte

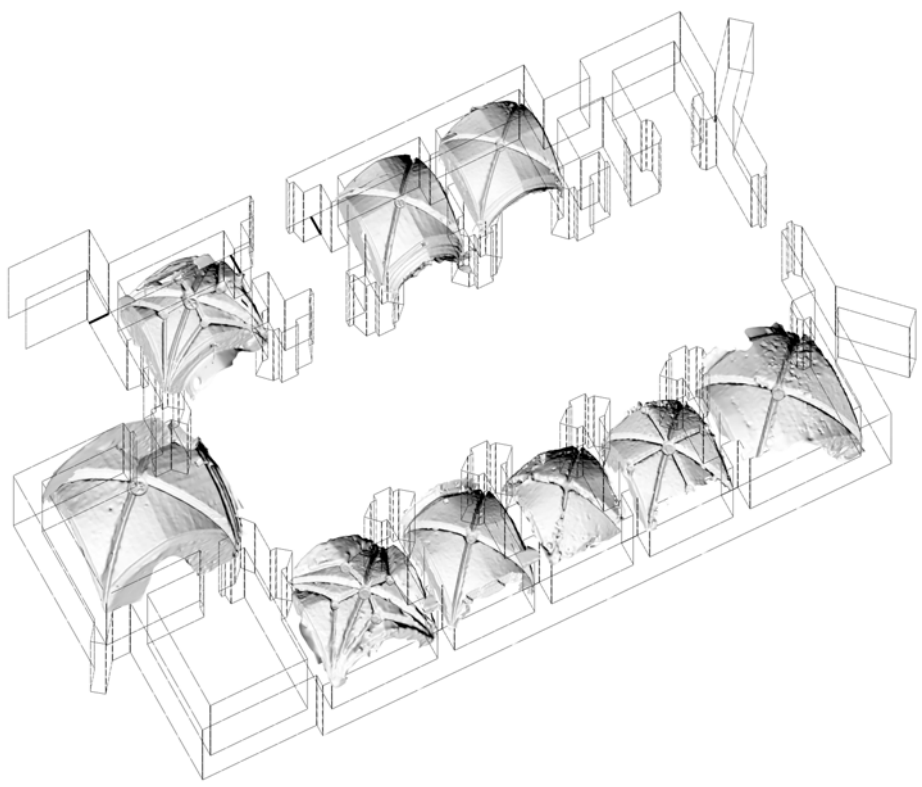
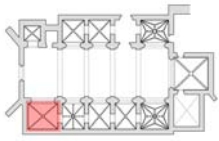
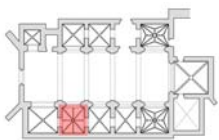
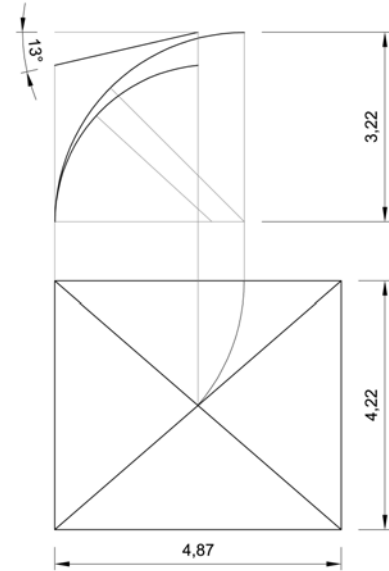


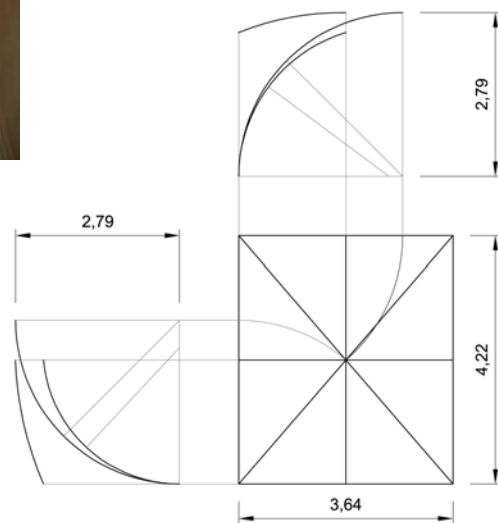
Fig.28 - Schema assonometrico della posizione reciproca delle volte

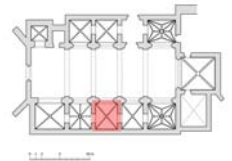
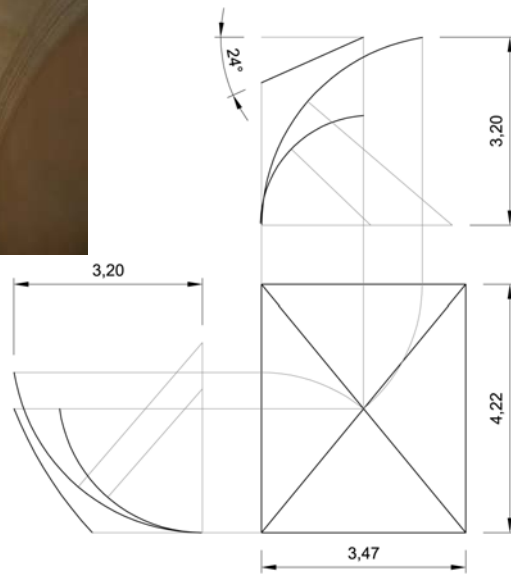


*Cappella laterale 1:
schema geometrico*

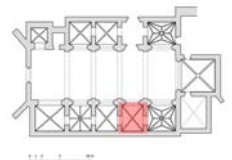
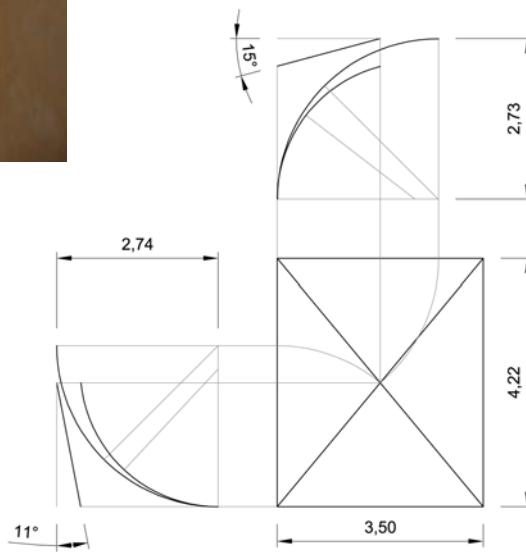


*Cappella laterale 2:
schema geometrico*



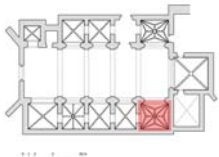


Cappella laterale 3:
schema geometrico

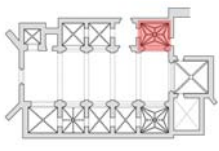
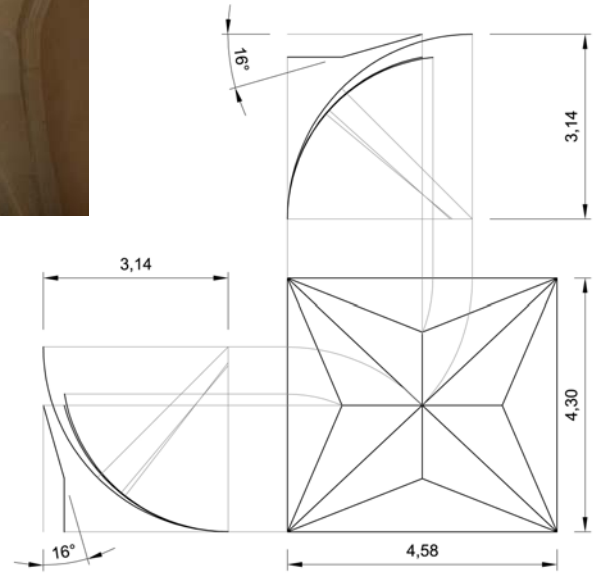


Cappella laterale 4:
schema geometrico

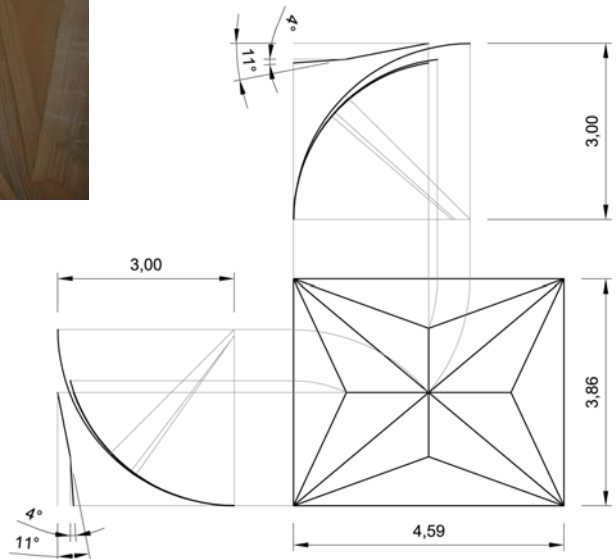


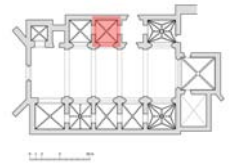
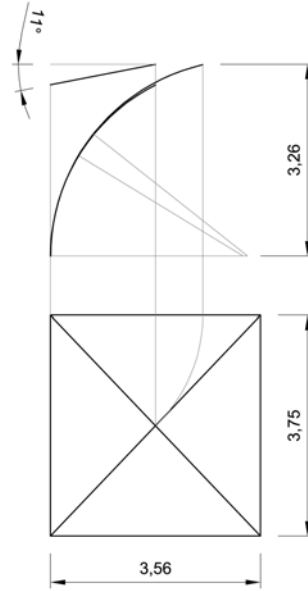


Cappella laterale 5:
schema geometrico

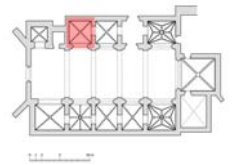
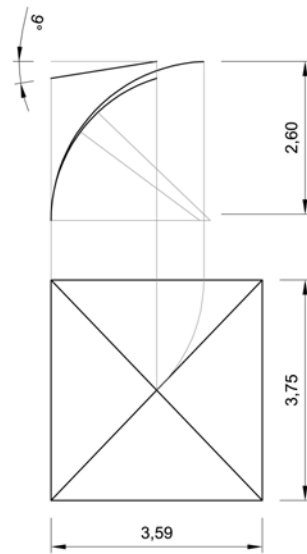


Cappella laterale 6:
schema geometrico

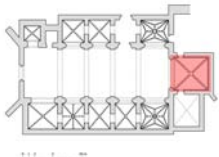




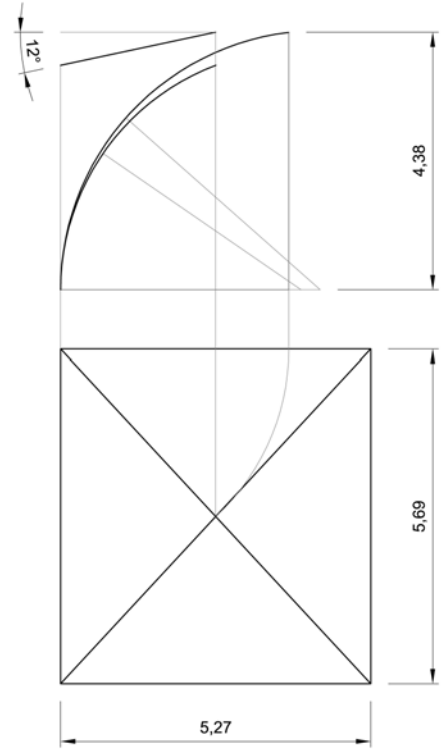
*Cappella laterale 7:
schema geometrico*



*Cappella laterale 8:
schema geometrico*



Presbiterio: schema
geometrico



5.2.4 Villaspeciosa, Beata Vergine Assunta

La chiesa parrocchiale di Villaspeciosa fu edificata alla fine del XVI secolo, come si può dedurre dai libri parrocchiali. Essa ha navata unica su cui si aprono due ampie cappelle laterali che le danno una conformazione a croce latina. Priva di caratteristiche rilevanti all'esterno, si rivela più interessante all'interno. In particolare la cappella sulla destra dedicata a Sacro Cuore, che risulta essere in via di ultimazione nel 1604⁹. Fu realizzata secondo gli schemi delle cappelle tardogotiche, infatti ha conformazione a crociera stella-

re con cinque gemme di chiave e nervature lavorate a tori e gole che si dipartono da peducci scolpiti con motivi fitomorfi. L'arco d'accesso è anch'esso modanato con basi troncoconiche e capitelli cilindrici. L'arco è molto alto e interseca nella parte alta della chiave l'attuale quota della copertura lignea dell'aula. Da ciò si può ipotizzare un rifacimento del tetto in posizione ribassata rispetto a quella che doveva essere la copertura dell'edificio al momento della costruzione della cappella. Specularmente si trova la cappella originariamente dedicata a San Giuseppe ed edificata a fine XVIII secolo.



Fig.29 -
Inquadramento



Fig.30 - Vista d'insieme

Fig.31 - Pianta con la proiezione a terra delle nervature delle volte

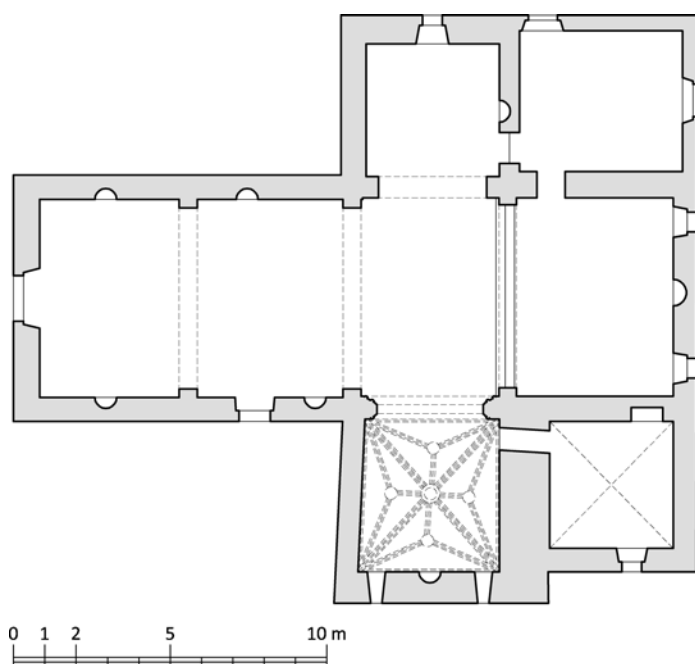


Fig.32 - Sezione

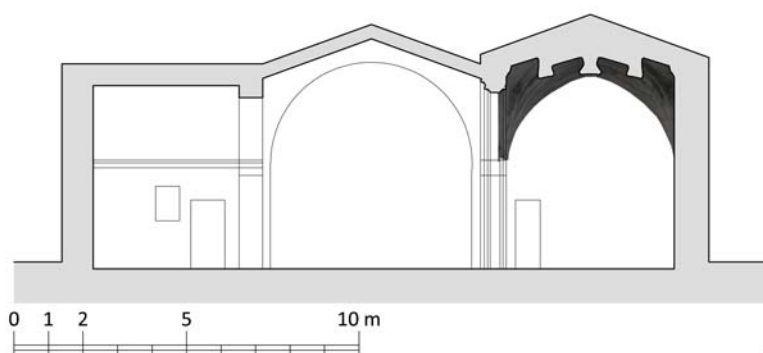
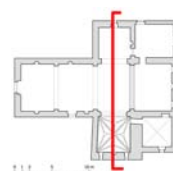
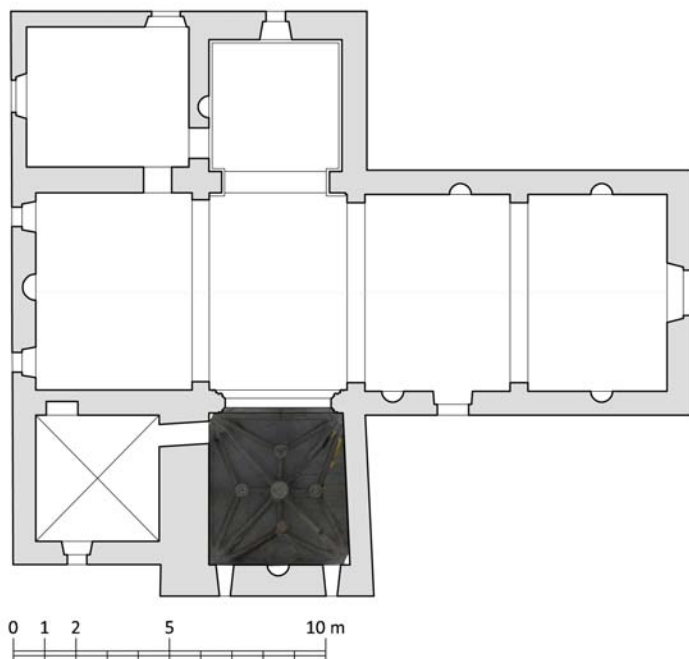


Fig.33 - Pianta delle volte



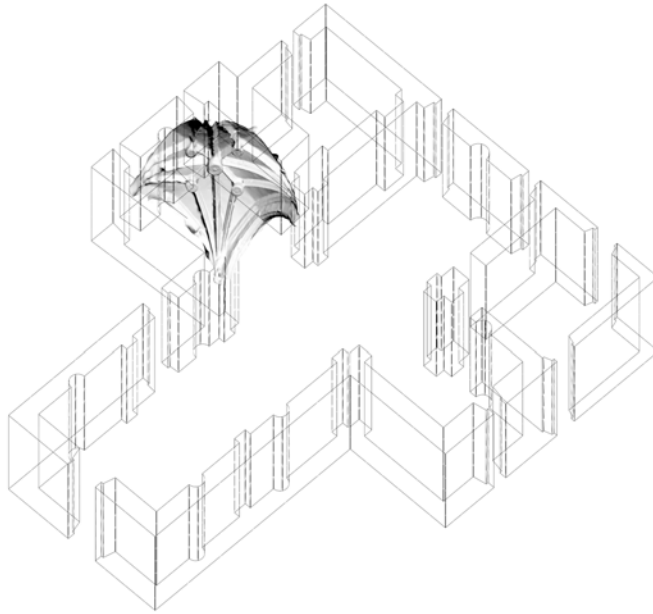
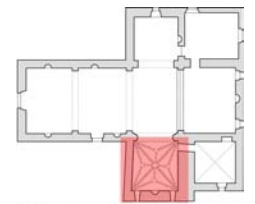
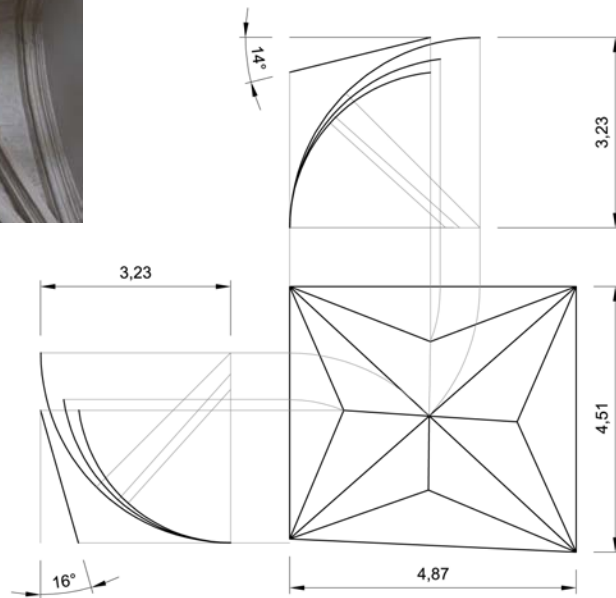


Fig.34 - Schema
assonometrico della
posizione reciproca
delle volte



Cappella laterale:
schema geometrico



5.2.5 Furtei, Santa Barbra

La documentazione d'archivio sulla parrocchiale di Santa Barbara è molto scarsa, tuttavia da una lettura attenta del complesso architettonico, è evidente che l'edificio è frutto di un cantiere protrattosi nel tempo, condotto da maestranze locali che assimilarono le essenziali tecniche costruttive importate dagli architetti catalani. Si presenta infatti come un sistema modificato nel tempo per addizione successiva. Probabilmente l'attuale costruzione sostituì quella più antica e più piccola, avente un'architettura riconducibile a quella romanico pisana. Le tracce di questa precedente conformazione sono visibili maggiormente nella facciata. Infatti dall'analisi della stratigrafia muraria si leggono ancora le parti che componevano il campanile a vela a doppio arco a tutto sesto, un successivo ampliamento che la trasformò in un complesso a tre navate e una modifica posteriore diede alla facciata l'attuale configurazione a capanna. Il portale risale al XV secolo¹⁰. Esso è realizzato in pietra calcarea, con arco modanato a tutto sesto, retto da pilastri polistili modanato a tori e gole con capitelli ovolari. A filo con esso vi è un'altra apertura gotica, modanata anch'essa a tori e gole con particolari capitelli all'imposta dell'arco a tutto sesto in cui, nella chiave di volta, vi è una particolare decorazione. Internamente la chiesa è divisa in tre navate scandite da tre archi per parte a sesto acuto,

sostenuti da pilastri realizzati con un concio unico, a forma di parallelepipedo, scanalati negli angoli verticalmente per tutta la lunghezza e appoggiati su una base a dado. I muri perimetrali delle navate laterali furono aperti per inserire le cappelle che attualmente sono tre per lato. Alcune delle cappelle laterali conservano traccia dei peducci di foggia tardo gotica. Di esse le due sulla destra sono voltate a crociera ma non hanno traccia delle nervature e della chiave. Quella più vicina al presbiterio ha i peducci scolpiti con volti femminili con folta capigliatura sovrastata da aureola e ai lati due rosette, risalenti agli inizi del XVI secolo. Quella centrale conserva, oltre ai peducci, l'arco d'ingresso del XV sec., a sesto acuto con archivolto percorso da modanatura convessa. Sui capitelli a semicerchio è scolpito uno stemma a scudo. L'arco poggia su due massicce colonne con basi semicircolari incassate nel muro, del tutto simile, seppure in scala minore, a quello che separa il presbiterio dalla navata centrale. Sia quest'arco che quello del presbiterio mostrano un particolare uso del materiale. Infatti, i capitelli e i conci di chiave sono di calcare bianco in contrasto con la pietra utilizzata per le altre parti. La stessa differenziazione di materiale si manifesta nella volta a crociera semplice del presbiterio dove chiave e peducci sono sempre in pietra calcarea.

Fig.35 -
Inquadramento

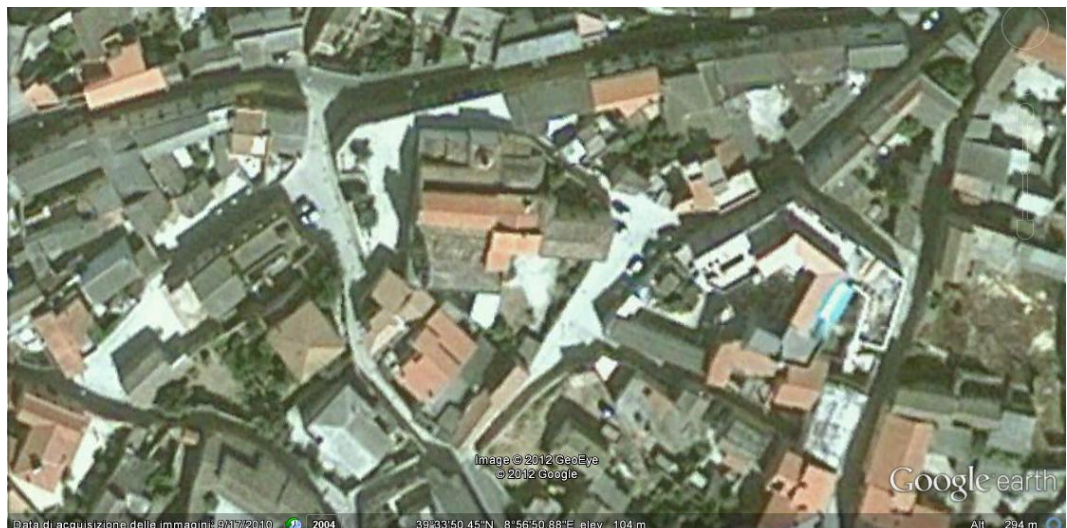




Fig.36 - Facciata e dettagli



Fig.37 - Interni e dettagli

Fig.38 - Pianta con la proiezione a terra delle nervature delle volte

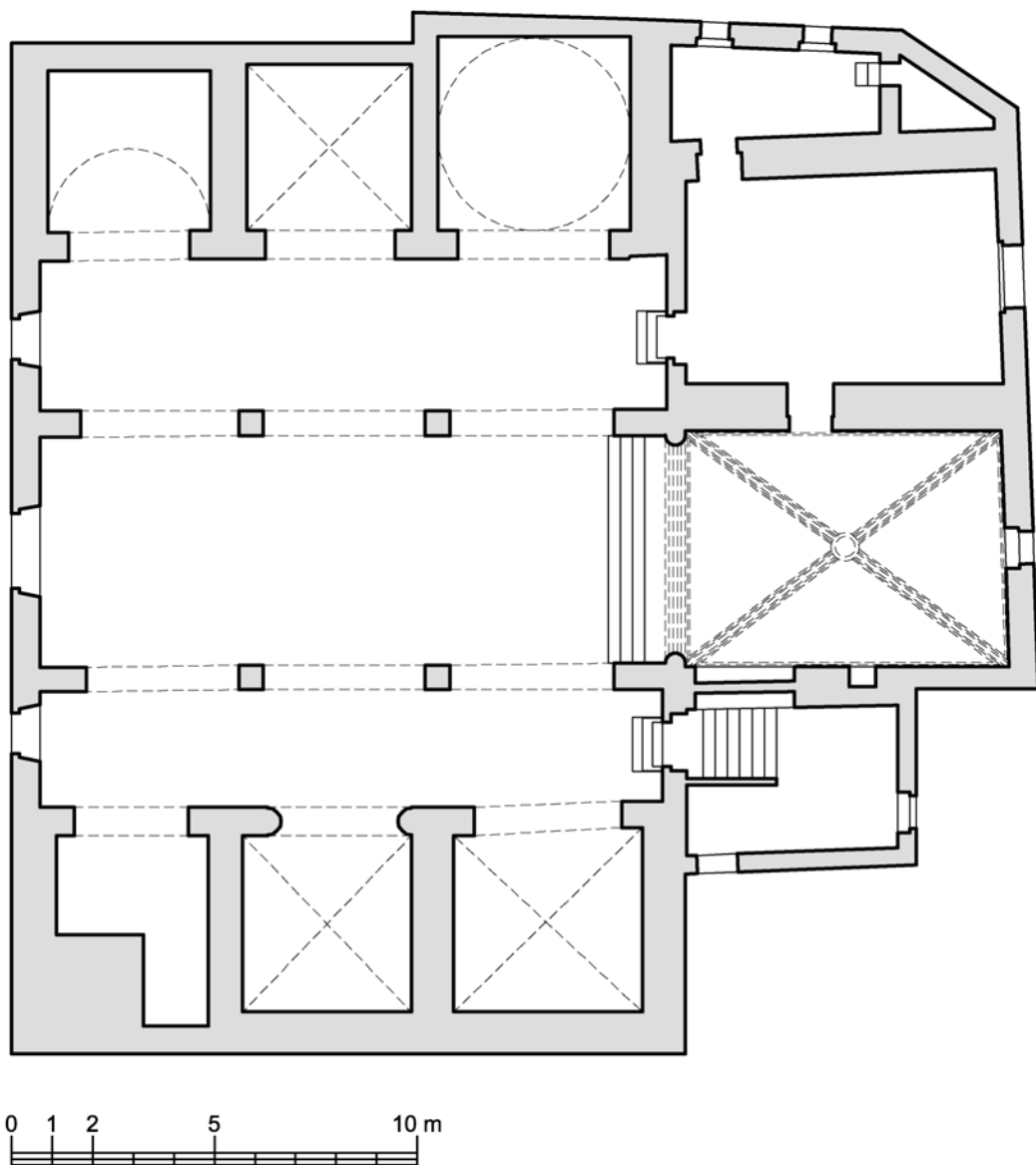
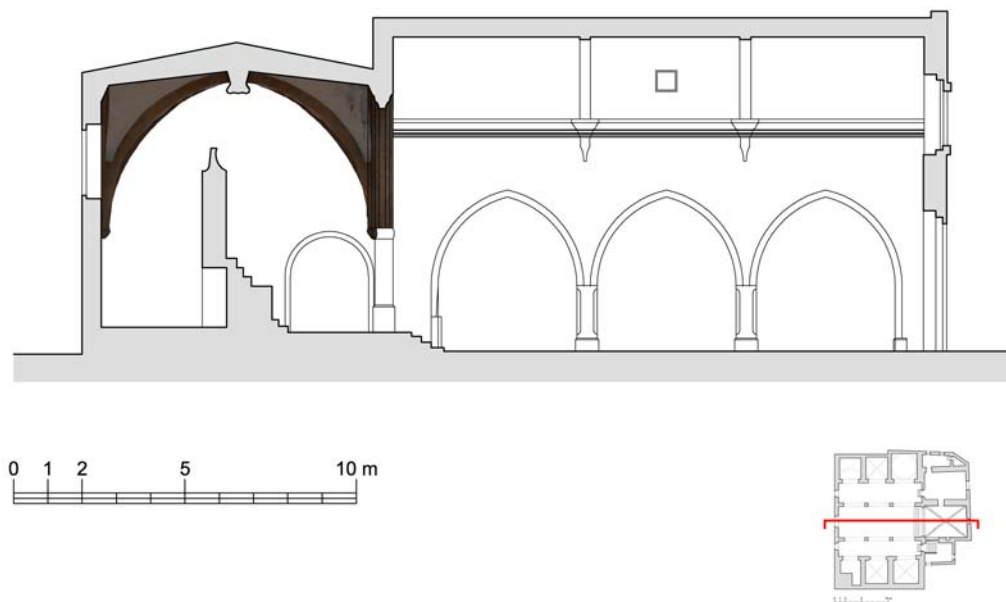


Fig.39 - Sezione



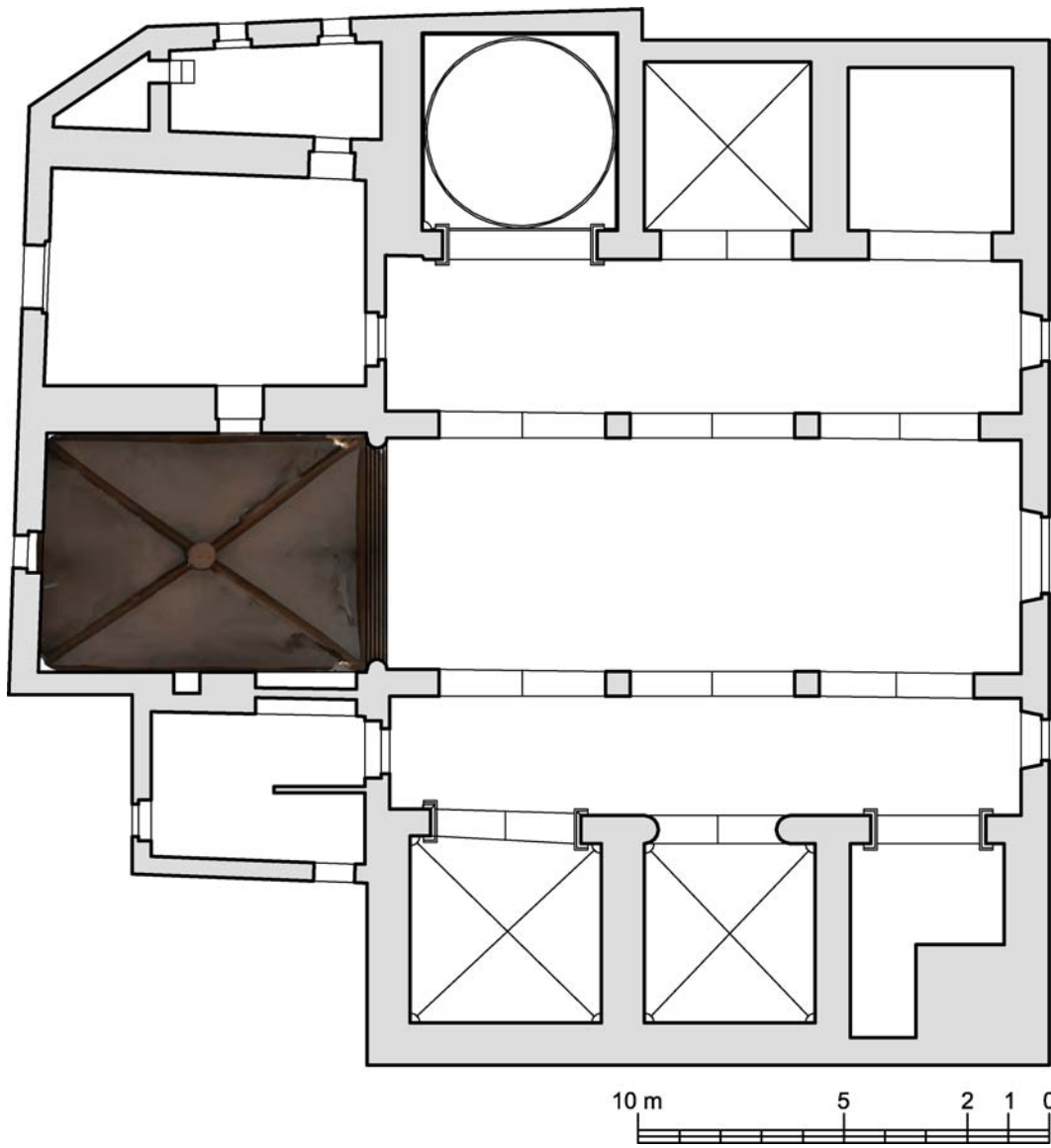


Fig.40 - Pianta delle volte

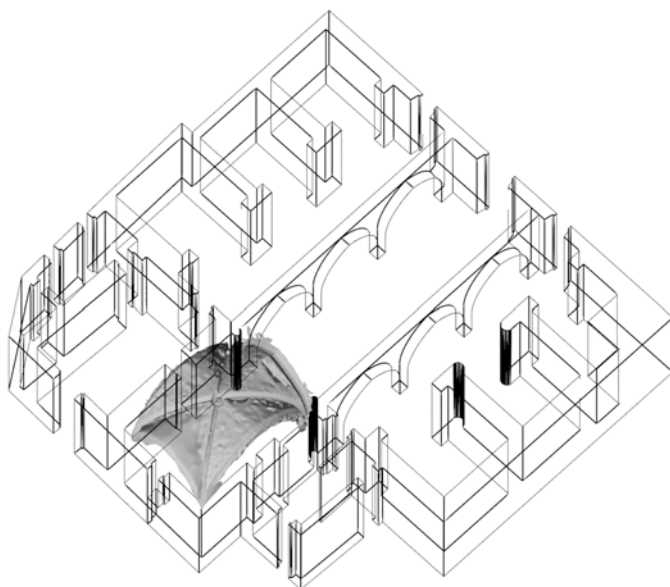
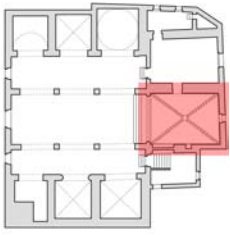
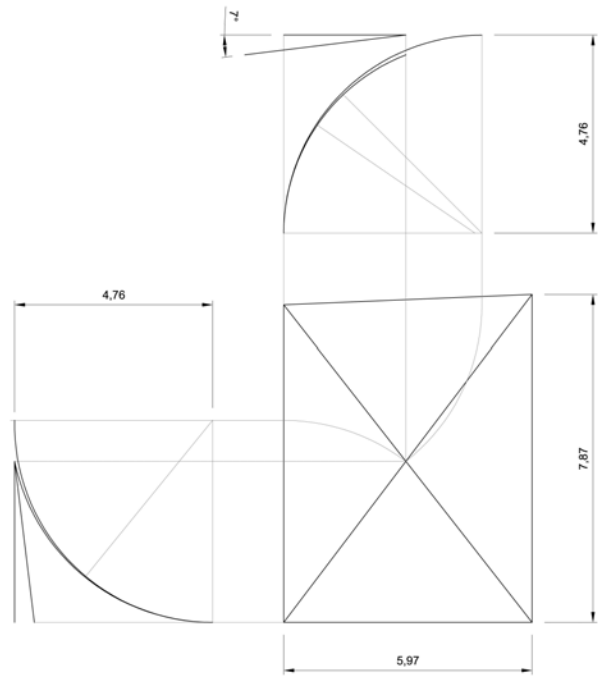


Fig.41 - Schema assometrico della posizione reciproca delle volte



Presbiterio: schema
geometrico



5.2.6 Busachi, San Domenico

Sorge nel rione alto del paese e fu edificata nel 1571¹¹ per volere di Gerolamo Torresani, conte di Sedilo e marchese di Busachi. L'edificio è noto anche come *Cunventu*, poiché ad esso erano annessi dei locali con funzione di convento che il Torresani affidò ai Domenicani. Essi la occuparono dal 1577 al 1659. Quattro anni dopo, su invito di una discendente del Torresani, ne ripresero l'officiatura che tennero fino al 16 gennaio del 1835, anno in cui l'arcivescovo Bua ne sopprese le funzioni. Chiesa e convento furono acquistati dal sacerdote Domenico Zedda che la lasciò poi ai suoi eredi. Agli inizi degli anni '70 del Novecento versava in stato di abbandono. Dalle foto dell'epoca si nota che aveva perduto la copertura e restava in piedi solo la volta a crociera della cappella laterale. Vennero quindi avviati i restauri che ripristinarono le antiche caratteristiche dell'edificio. L'edificio, realizzato in vulcanite, comprende un'aula centrale con copertura lignea, interrotta

da tre arconi a tutto sesto, l'ultimo dei quali da accesso all'altare maggiore; su entrambi i lati si aprono delle cappelle. Sul lato destro sono di piccole dimensioni, voltate a botte con imposte decorate. Sul lato sinistro, invece, si trova un'ampia cappella. Essa è collegata alla navata mediante un arco a sesto acuto molto ricco di decorazioni. La particolarità della cappella sta nel diverso trattamento delle decorazioni scolpite sulla pietra degli elementi portanti. Nella parte bassa si hanno delle decorazioni rinascimentali, mentre la parte alta è coperta con una volta a crociera semplice di foggia tardo gotica. Anche in questo caso, come si è potuto constatare in altre parti dell'isola, si ha la commistione di elementi decorativi tipicamente catalani e quelli classicheggianti di gusto rinascimentale. Esternamente l'edificio è molto sobrio. L'unico elemento degno di nota è lo stemma della casata Torresani collocato sopra il portone d'ingresso.



Fig.42 -
Inquadramento

Fig.43 - Facciata e dettagli



Fig.44 - Interni e dettagli lavorati



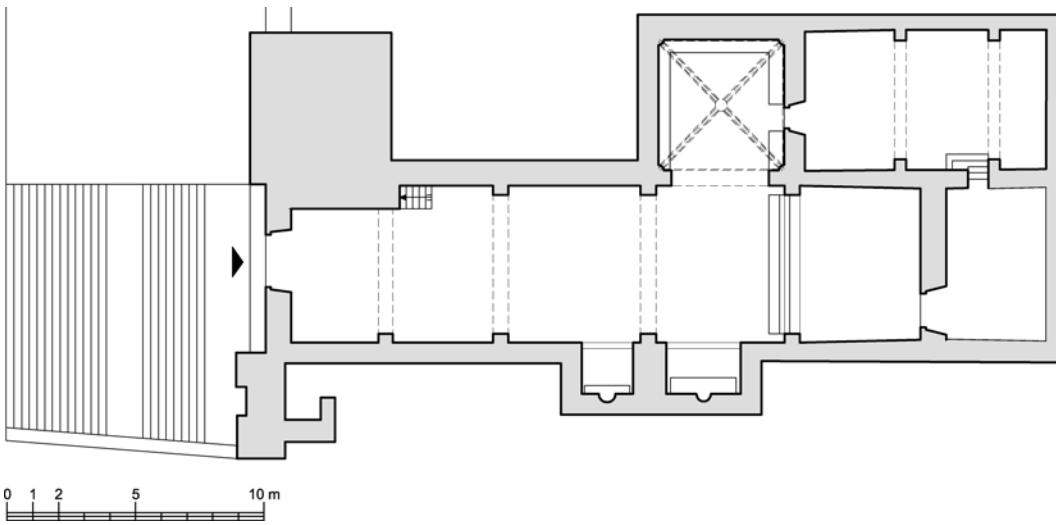


Fig.45 - Pianta con la proiezione a terra delle nervature delle volte

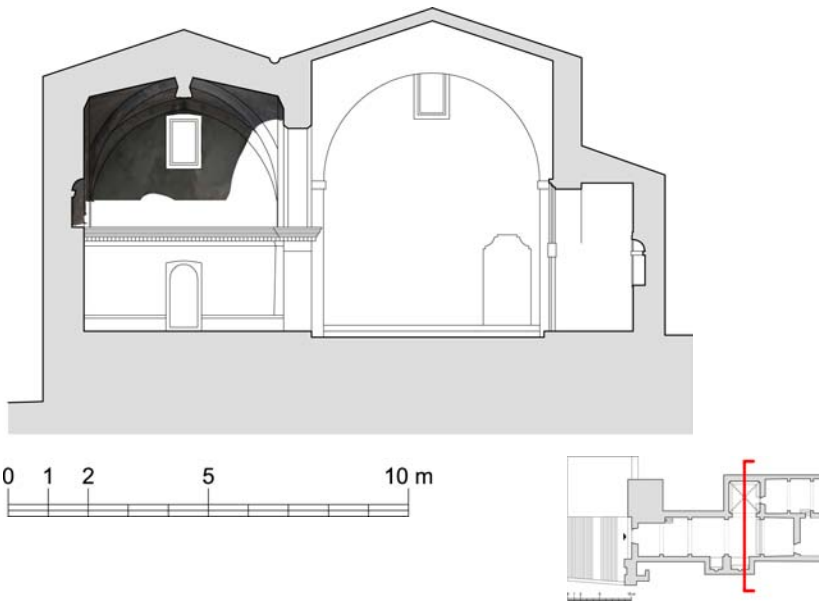


Fig.46 - Sezioni

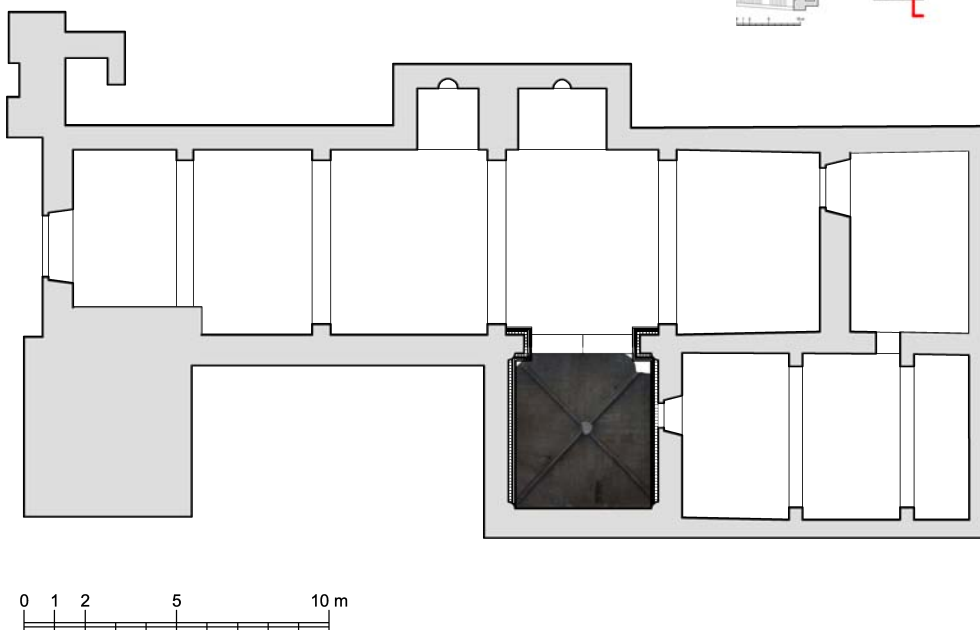
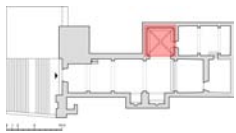
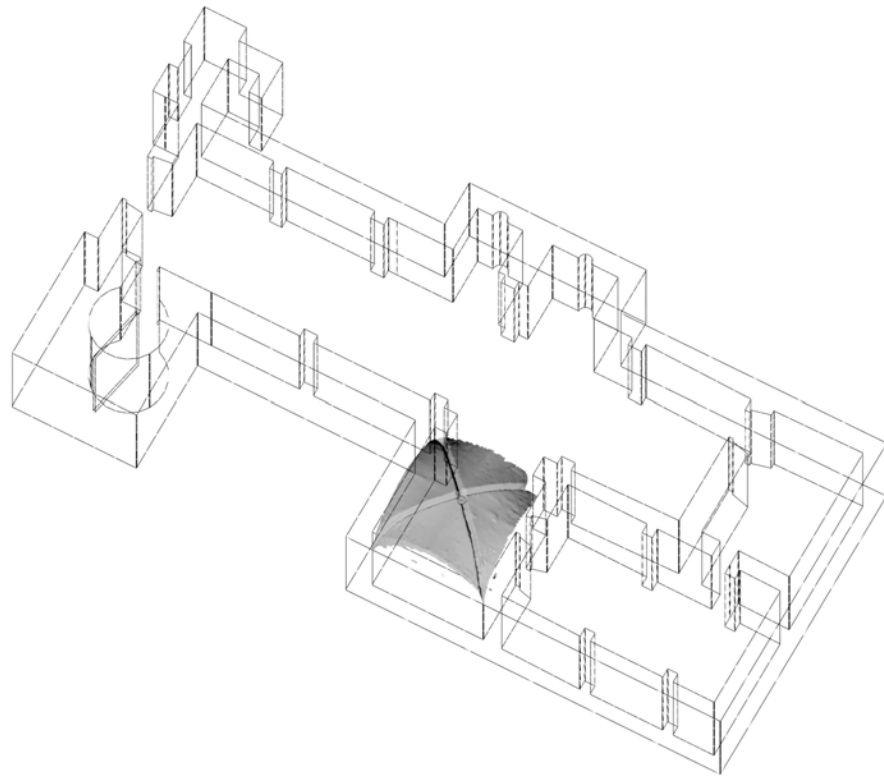
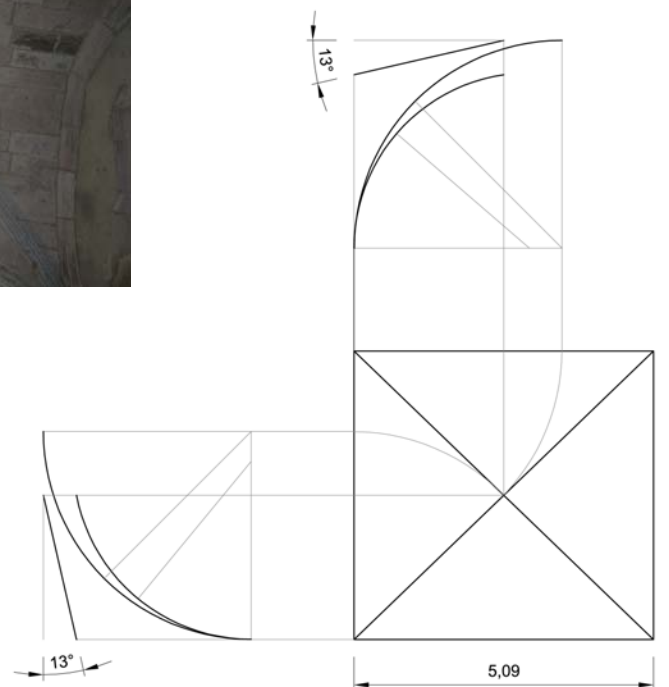
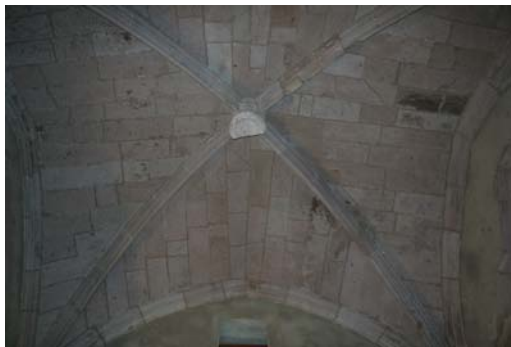


Fig.47 - Pianta delle volte

Fig.48 - Schema
assonometrico della
posizione reciproca
delle volte



Cappella laterale 1:
schema geometrico



5.2.7 Busachi, Sant'Antonio da Padova

La chiesa parrocchiale di Sant'Antonio da Padova, fu consacrata il 5 ottobre 1759, come risulta da un cabrèo (memoriale) conservato fra i libri parrocchiali. Tuttavia la sua edificazione si può far risalire alla seconda metà de XVI secolo¹². Essa presenta le caratteristiche comuni a molte delle chiese della zona edificate in quel periodo, in particolare le vicine chiese parrocchiali di Allai e Ula Tirso. L'impianto planimetrico comprende la navata scandita da archi diaframma che sorreggono una copertura voltata ad arco ogivale. Sui lati si aprono le cappelle laterali, che attualmente sono comunicanti tra loro, ma che in origine dovevano essere meno profonde, come evidenziato da recenti lavori di restauro. Gli archi

d'accesso alle cappelle, che sono coperte con volta a botte a sesto acuto, sono in vulcanite lasciata a vista, senza particolari lavorazioni. L'area del presbiterio è particolarmente imponente. Rialzata rispetto al piano della navata, è coperta da una volta a crociera stellare con cinque chiavi su cui sono scolpite le figure di alcuni santi. La lavorazione dei costoloni, dei peducci e dell'arco d'accesso risultano più semplici di quelle osservate nelle chiese dell'area del Campidano. Un esempio di volta molto simile per materiali impiegati, struttura della volta e scelte decorative si ritrova nella vicina chiesa di Sant'Andrea a Ula Tirso. La facciata, realizzata posteriormente, è affiancata da un campanile a canna quadrata che si eleva fino all'altezza di 40 m. circa.



Fig.49 -
Inquadramento

Fig.50 - Facciata*Fig.51 - Viste d'insieme dell'esterno e delle cappelle laterali**Fig.52 - Interni*

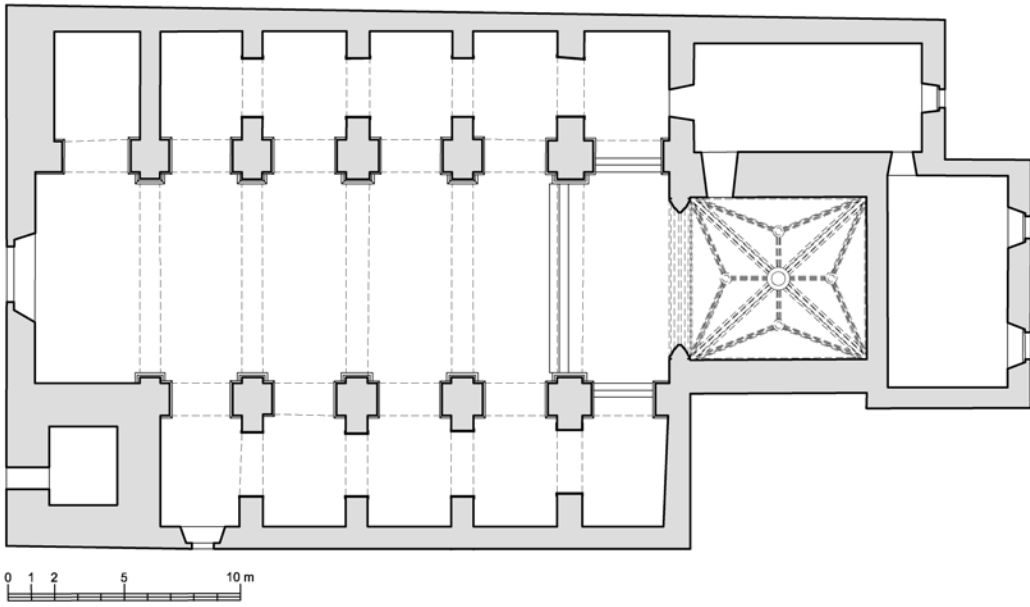


Fig.53 - Pianta con la proiezione a terra delle nervature delle volte

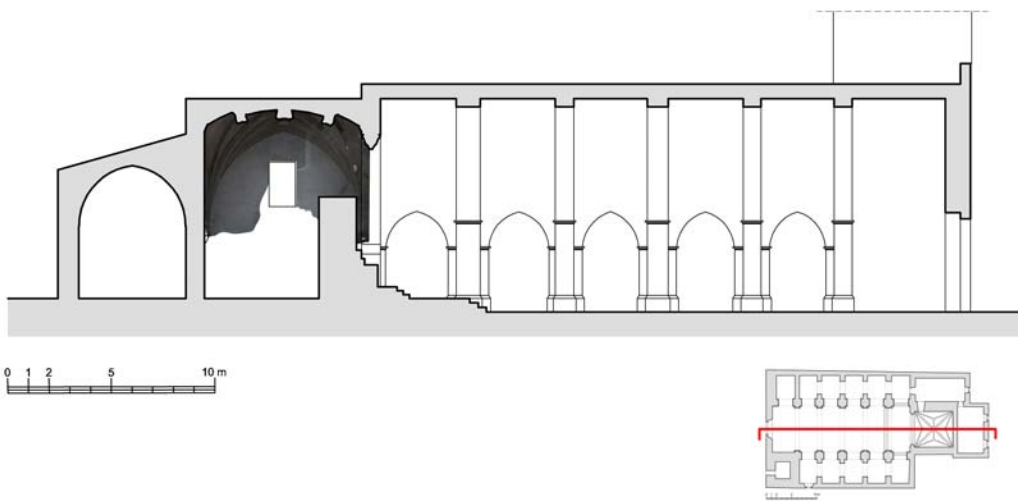


Fig.54 - Sezioni

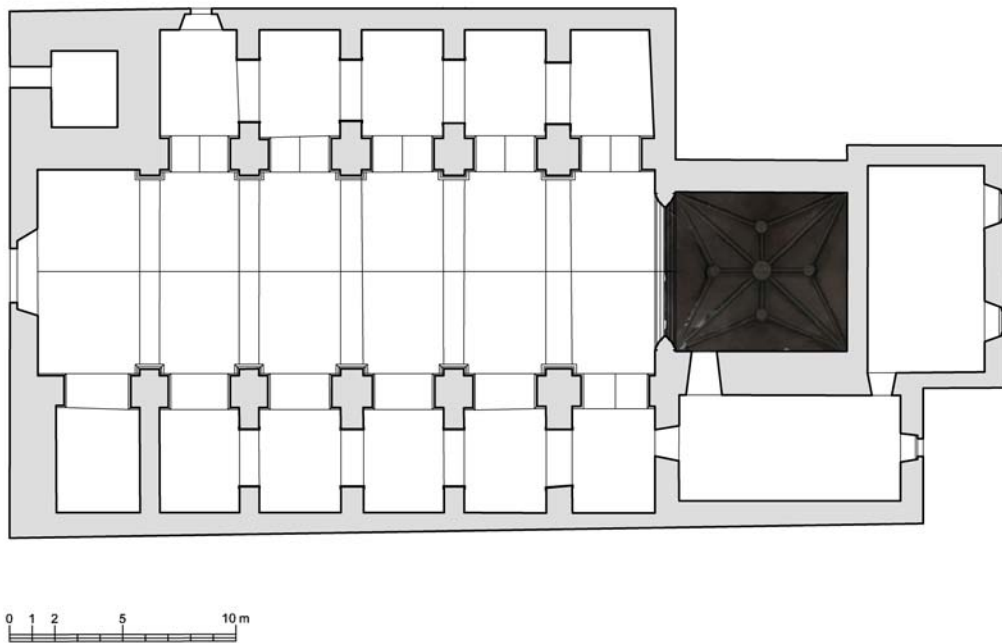
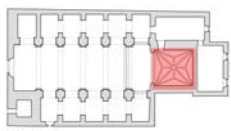
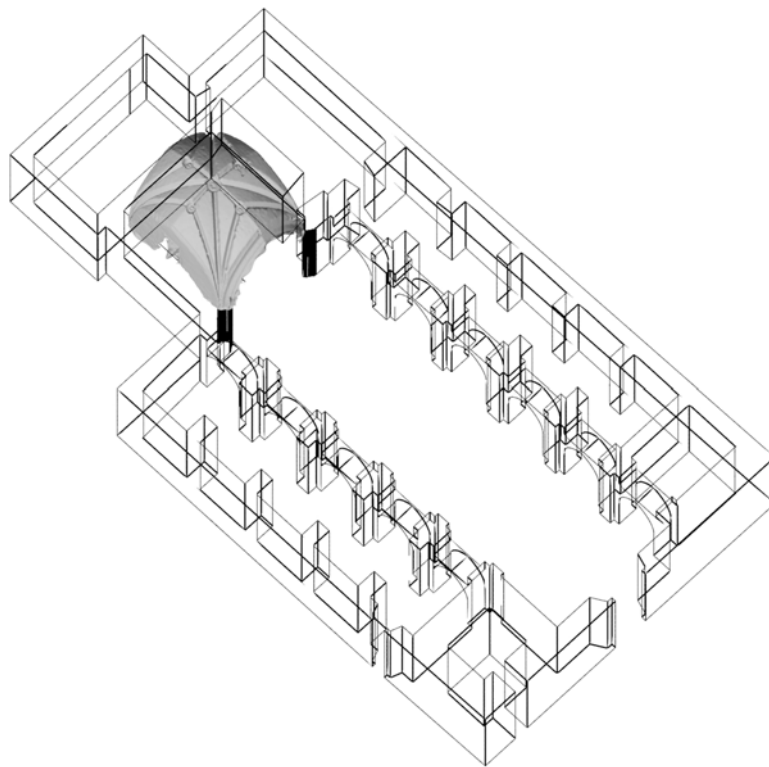
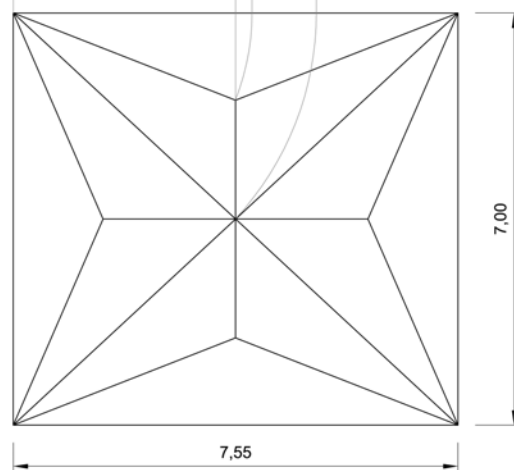
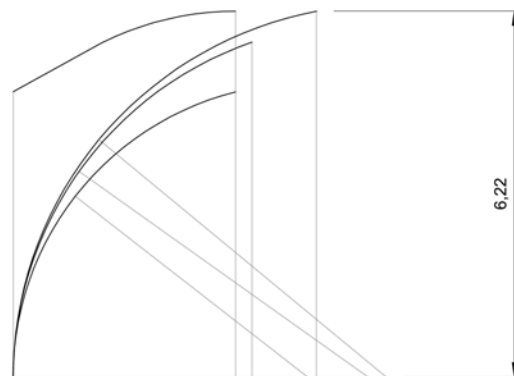


Fig.55 - Pianta delle volte

Fig.56 - Schema
assonometrico della
posizione reciproca
delle volte



Presbiterio: schema
geometrico



1. Barrocu, G.; Crespellani, T.; LOI, A. Caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo dell'area urbana di Cagliari. *Rivista Italiana di Geotecnica*, XV/2, 1981, pp. 98-144; Barrocu G. Crespellani T. Carta geologico-tecnica di Cagliari, 1981
2. Assorgia A., Barca S., Bravin E., Farris M., Fiori M., Grillo S.M., Marcello A., Pretti S., Rizzo R., Spano C., Carta geologica e delle georisorse del distretto vulcanico Monastir-Furtei, S.E.L.C.A. Firenze, 1993
3. Regione Autonoma della Sardegna, Carta geologica della Sardegna, Litografia Artistica Cartografica, Firenze, 1996.
4. Bibliografia sulla chiesa di Assemini: Serra R., Le parrocchiali di Assemini, Sestu e Settimo S. Pietro, Note per una storia dell'architettura tardogotica in Sardegna, "Atti del XIII Congresso di Storia dell'architettura, Sardegna" (Cagliari, 6-12 aprile 1963), I, Roma 1966, pp. 225-243. Serra, R., L'architettura sardo-catalana, in Carbonell J. e Manconi F. (a cura di), I Catalani in Sardegna, Cinisello Balsamo 1984, pp. 125-154. Lallai P., Mostallino G., L'Architettura gotica in Sardegna: rilievo ed analisi degli elementi costruttivi della chiesa di San Pietro in Assemini, in Quaderni del dipartimento di Architettura, n° 5, Cuec, Cagliari 2005 pp. 57-82. Segni Pulvirenti F., Sari A., Architettura tardogotica e d'influsso rinascimentale (Storia dell'Arte in Sardegna), Ilisso, Nuoro 1994. pp. 42-43; Arce J., La Spagna in Sardegna. Apporti culturali e testimonianze della sua influenza, Madrid 1956, Qui nella traduzione di Luigi Spanu del 1982, p. 479
5. SALIS, M., La chiesa parrocchiale di San Pietro in Assemini. Note per una cronologia. *ArcheoArte*, Italia, 1, dic. 2010. Disponibile all'indirizzo: <<http://ojs.unica.it/index.php/archeoarte/article/view/35>>. Data di accesso: 10 mar. 2013.
6. Tola, B., La chiesa parrocchiale di Sant'Antonio Abate (Decimomannu) in Per una riscoperta della storia locale, la comunità di Decimomannu nella storia, Decimomannu, Arci Bauhaus Decimomannu, 2008, pp.361-367; Casula F. C., Dizionario storico sardo, Carlo Delfino Editore, Sassari, 2006, Vol 10, p. 3194; Arce J., La Spagna in Sardegna, Madrid 1956, Qui nella traduzione di Luigi Spanu del 1982, p. 491-492
7. F. Colli, Decimomannu: Il paese e la sua storia, il culto di santa Greca, Editrice sarda Fossataro, Cagliari, 1971
8. sardegna cultura <http://www.sardegna cultura.it/j/v/253?s=18325&v=2&c=2488&c1=2123&t=1>, Serra, R., Le parrocchiali di Assemini, Sestu e Settimo S. Pietro, Note per una storia dell'architettura tardogotica in Sardegna, in Atti del XIII Congresso di Storia dell'architettura, Sardegna (Cagliari, 6-12 aprile 1963), I, Roma 1966, pp. 232-234; Serra, R., L'architettura sardo-catalana, in Carbonell, J., Manconi, F., (a cura di) I Catalani in Sardegna, Cinisello Balsamo 1984, pp. 135, 141, f. 124; Serra, R., Maltese, C., Arte in Sardegna dal V al XVIII, Roma 1962, notizia n. 81, p. 235-236, tav. 81; Serra, R., Il santuario di Bonaria e gli inizi del gotico catalano in Sardegna, in Studi Sardi, vol. XIV-XV (1955-1957), Sassari 1958 p. 349.
9. Dai cinque libri della parrocchia.
10. Caddeu, P. Forma urbana e architettura rurale di matrice gotico - catalana in Sardegna: l'esempio di Sanluri, Tesi di Dottorato, XXII ciclo, Università di degli studi di Cagliari, A.A. 2009-2010
11. Pisu, C., Architettura catalana nel centro di Busachi. Su Cunventu, rivivere il passato nel presente. In Le vie dei mercanti. Rappresentare la conoscenza, La scuola di Pitagora editrice, 2010, Napoli. pp. 803-806.
12. FARRIS, G., Busachi e i suoi monumenti. Chiostro, Cenobio e Basilica della Madonna delle Grazie. In Quaderni Oristanesi. N° 2/3 Maggio/Dicembre 1982, Editrice Sa Porta. Oristano, 1992, pp. 25-36.

6 ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

6.1 ANALISI DEI RISULTATI

6.1.1 Confronti dimensionali in pianta

In molti hanno studiato le regole di proporzione che permeano l'architettura gotica. Tuttavia, piuttosto che cercare una proporzione a tutti i costi, l'operazione che si vuole compiere qui, a conclusione del lavoro, intende evidenziare quali fossero le forme preferite dai costruttori sardi. Il fatto che molte delle volte documentate sono quelle delle cappelle laterali che si aggiungevano alla fabbrica in tempi diversi, permette di operare un confronto anche indipendentemente dall'edificio. Si sono prese in considerazione le volte rilevate a cui si aggiungono altre le cui misure sono ricavate dai rilievi disponibili in letteratura. Non si tratta di una trattazione esaustiva quanto piuttosto di un passo in avanti nella conoscenza che offre nuovi spunti per approfondire l'argomento in occasioni di ricerca futura. Dovendo operare un confronto tra i diversi risultati occorre soffermarsi sulla definizione delle regole di verifica proporzionale da prendere in considerazione nell'analisi finale. Innanzitutto si propone un confronto su base planimetrica, in secondo luogo un'analisi delle diverse soluzioni in alzato. Per quanto riguarda l'analisi planimetrica occorre ricordare che molto spesso i sistemi proporzionali su cui si basava la composizione dei progetti medievali era quella del quadrato utilizzato singolarmente o doppio o triplo. Si faceva ricorso anche a rettangoli con i lati in proporzione secondo la serie di Fibonacci. Viollet le Duc fece notare come fossero espressioni comunemente usate dagli architetti gotici "ascendere ad quadratum" e "ascendere ad triangulum" per indicare modulazioni basate su quadrato e doppio quadrato o sul triangolo equilatero¹. Le serie armoniche garan-

tivano una qualità architettonica considerata soddisfacente, spesso alcune composizioni si basavano sul rettangolo aureo. Tuttavia, considerato lo stretto legame con l'architettura spagnola, al fine di operare dei confronti significativi si ritiene opportuno proporre qui la classificazione secondo il sistema di proporzioni delineato nel manoscritto di Simón García che veniva applicato anche nelle volte tardogotiche spagnole². Si tratta di rettangoli in cui il rapporto tra numeratore e denominatore della frazione va aumentando progressivamente di una unità.

Dalle misure rilevate e da quelle ricavate dai rilievi pubblicati è stato possibile portare avanti dei ragionamenti di tipo proporzionale che hanno evidenziato i seguenti risultati recentemente pubblicati da chi scrive assieme a Claudia Pisu³. In sostanza l'analisi ha evidenziato una prevalenza delle forme quadrate o vicine al quadrato specie per quanto riguarda la copertura delle cappelle e dei presbiteri (Fig.1). Le differenze di lunghezza tra i lati che restituiscono un rapporto di poco maggiore dell'unità potrebbero dipendere dagli strumenti utilizzati all'epoca per eseguire le misure. Gli scarti riscontrati sono frutto dell'attuale precisione degli strumenti di misurazione e rappresentazione utilizzati per ricostruire a ritroso la prassi costruttiva. Essa si discosta notevolmente, da quella degli strumenti realmente adoperati dai costruttori per realizzare l'opera⁴. Il rettangolo viene adoperato meno frequentemente e soprattutto nella copertura dell'aula. Le proporzioni ricorrenti sono 6:5 e 5:4 (Fig.2).

Unaltro confronto mette in relazione crescente i lati dei presbiteri. Sono stati presi in considerazione quelli rilevati e confrontati con quelli di cui sono disponibili le misure planimetriche.

Fig.1 - Casistica delle volte su pianta quadrata o ad essa assimilabile in quanto il rapporto tra i lati è prossimo a 1:1. In rosso gli edifici rilevati.

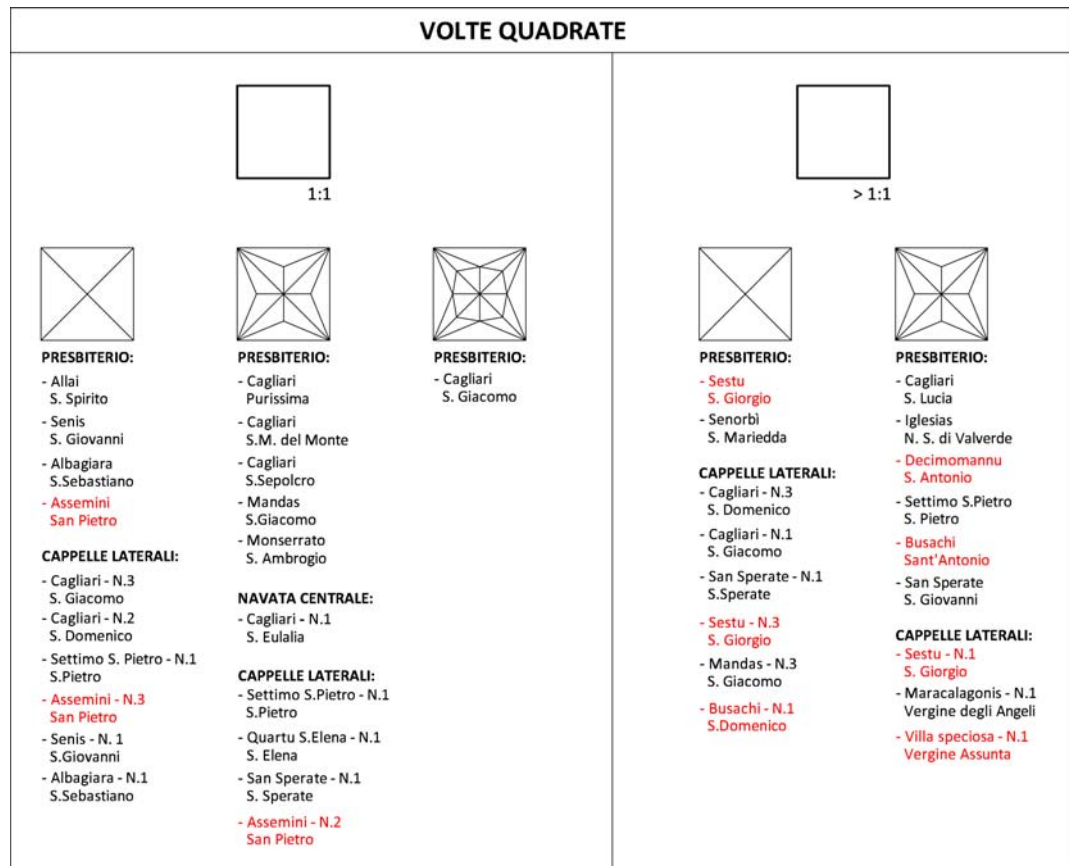
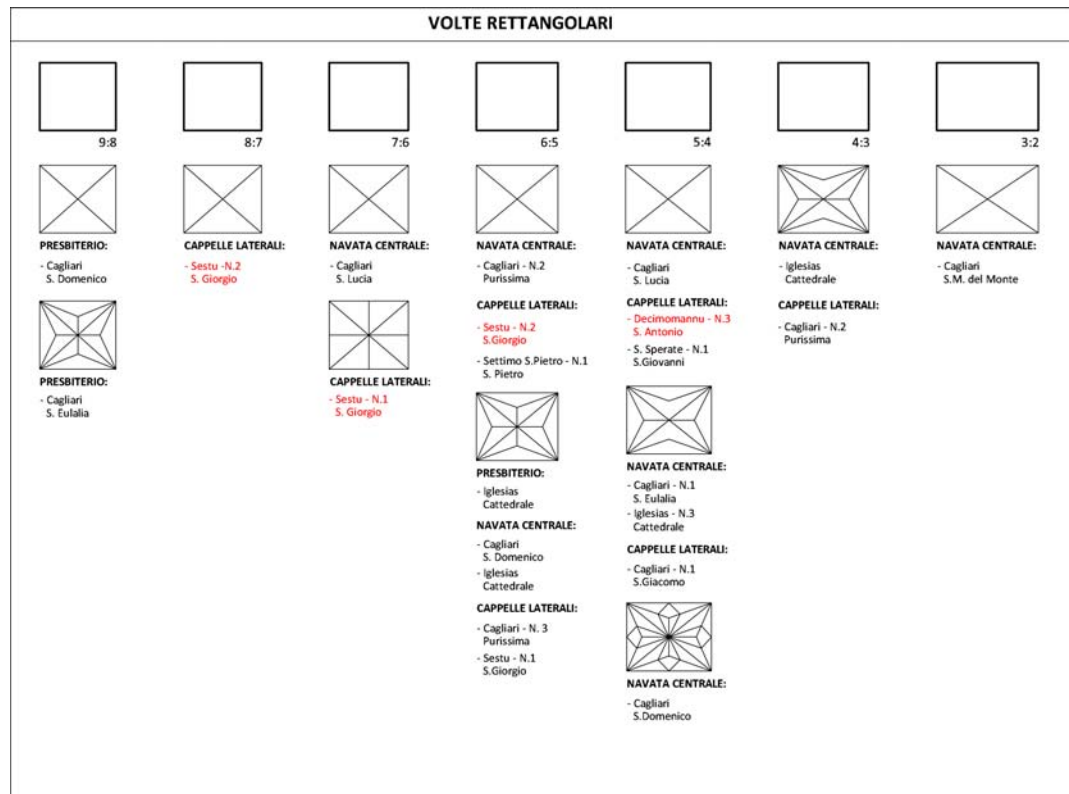
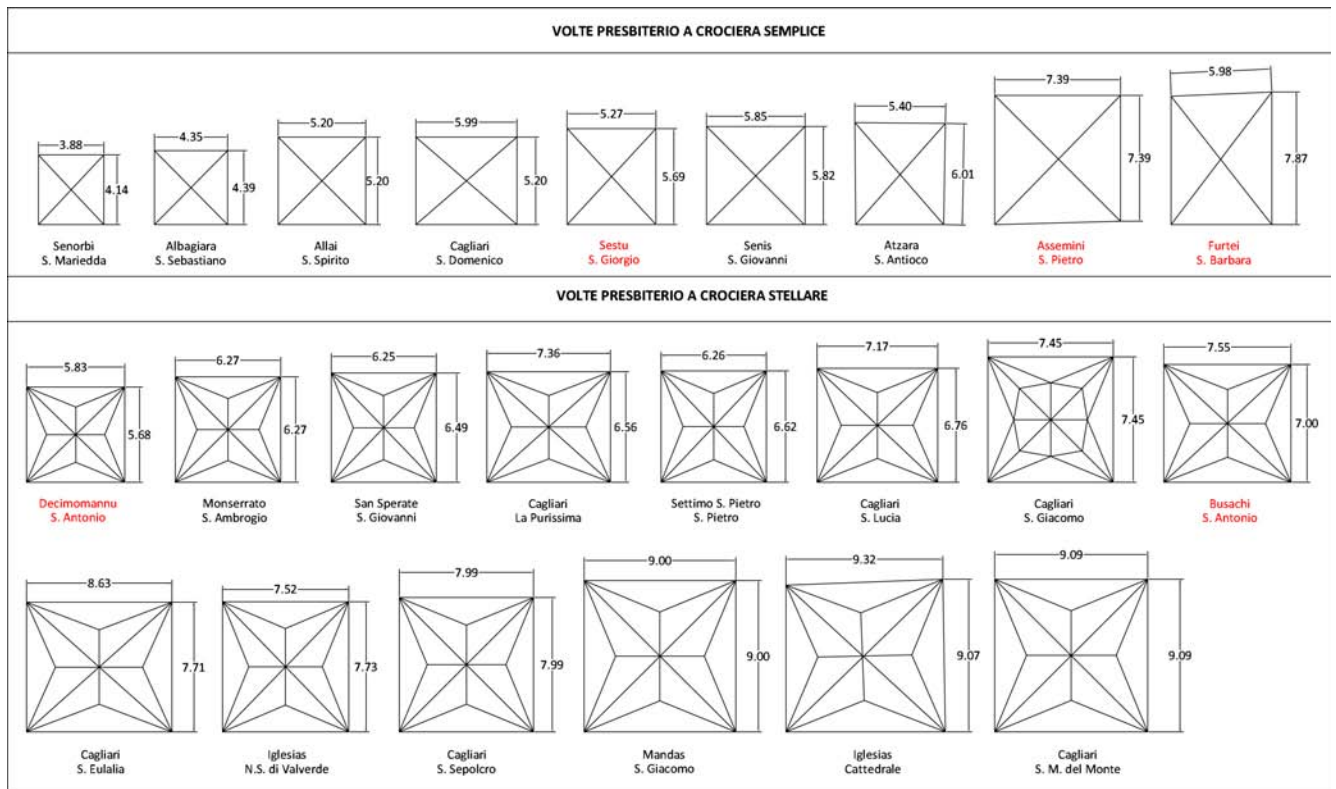


Fig.2 - Casistica delle volte su pianta rettangolare suddivise per proporzione tra i lati. In rosso gli edifici rilevati.





Questo confronto offre spazio ad ulteriori considerazioni. In particolare si può notare come la crociera è adottata più di frequente quando la luce da coprire aumenta. In questi casi la soluzione a stella suddivide lo spazio da coprire in vele di dimensione contenuta più facili da coprire. Inoltre, le nervature secondarie contribuiscono ad assorbire parte del carico della volta (Fig.3).

Si è cercato di capire se le opere fossero state progettate utilizzando le unità di misura catalane, o quelle sarde. In particolare erano in uso due misure denominate canna: quella di Barcellona corrispondente a 1,555 m e quella sarda a 3,148 m⁵. La canna di Barcellona è circa la metà della canna sarda ma i sottomultipli sono diversi, la prima è divisa in 8 palmi mentre la seconda in 12. Confrontando le misure rilevate con quelle delle unità di misura sopraelencate è emerso che la canna di Barcellona e i suoi sottomultipli si avvicinano molto alla misura delle cappelle e del presbiterio di Decimomannu, e così pure nelle misure di molte delle volte di Assemini. Negli altri casi le

corrispondenze sono meno accentuate e non appaiono significative. La mancanza di corrispondenza effettiva è sicuramente legata a numerosi fattori. Il principale è sicuramente la differenza di precisione tra gli strumenti di misura adoperati dai costruttori (di solito aste di legno) e quelle adoperate oggi. Per accertare una corretta corrispondenza occorrerebbe misurare con strumenti simili in modo da ricreare le stesse condizioni di partenza.

6.1.2 - Apparecchio della volta: confronto tra caso teorico e casi rilevati

Considerando tutte le volte misurate, è possibile verificare la loro rispondenza al caso teorico illustrato nel capitolo 3. Si è potuto notare che per quanto possibile si tendeva a realizzare coperture voltate su base quadrata, così come il caso generale illustrato nei trattati. Esistono pochi casi di volte su base rettangolare o trapezia in cui però l'angolo tra i lati non si allontana troppo da quello retto. Nelle crociere stellari la suddivisione dell'angolo per il tracciamento delle nervature in pianta segue la regola della bisettrice, in qualche

Fig.3 - Confronto tra le dimensioni delle volte dei presbiteri

caso è stata rilevata una discrepanza contenuta nell'intorno di 1° . Non sono state notate differenze sostanziali nello spessore delle nervature tra le sezioni delle nervature principali e quelle secondarie. Tutte le volte rilevate hanno la volta inclinata dalla chiave verso l'arco d'imposta e la traccia di tale pendenza è nella maggior parte dei casi rettilinea. La pendenza è generalmente, compresa tra 7° e 16° , ad eccezione di alcune cappelle tra cui in particolare la cappella 3 di San Giorgio di Sestu in cui la pendenza è molto accentuata. Nelle volte su base rettangolare la pendenza è in alcuni casi differente nelle due direzioni. La nervatura dell'arco d'imposta è sempre incastrata nel muro (formeres) e sporge da esso per uno spessore pari a circa la metà di quello della nervatura trasversale. Tale spessore non è sempre determinabile con certezza per via degli interventi successivi di rivestimento delle pareti con intonaco, che hanno sovrapposto più strati a quello della muratura originaria. I conci delle vele tra le nervature sono generalmente rettangolari con la dimensione maggiore parallela a quella della pendenza della volta. Nella maggior parte dei casi sono disposti paralleli tra loro usando come linea di riferimento quella della pendenza della volta. La differenza di inclinazione che si riscontra tra la parte alta e quella bassa è di solito risolta con il taglio delle pietre triangolari dell'avvio dell'unghia immediatamente sopra i conci del tas-de-charge. Molte delle volte attualmente sono intonacate e non è stato possibile

verificare se sia valida anche per loro questa disposizione dei conci.

Il confronto tra le tracce dei costoloni in alzato ha evidenziato il ricorso frequente all'arco a tutto sesto per la nervatura diagonale e la combinazione di archi a sesto acuto per quelli di imposta della volta. Rispetto alla classificazione proposta nel capitolo 3, il rilievo ha evidenziato delle nuove situazioni che ad una prima analisi visiva erano sfuggite. Le sezioni longitudinale e trasversale che evidenziano l'andamento della traccia della pendenza della volta hanno mostrato come sia frequente nel caso delle volte stellari l'adozione di una linea spezzata. Il primo tratto dalla chiave principale alla chiave secondaria è inclinato mentre il secondo tratto dalla chiave secondaria alla chiave dell'arco d'imposta può coincidere con l'orizzontale (Sestu cappella 5 e 6) oppure avere una pendenza maggiore o minore di quella della prima parte (Villaspeciosa). Questo andamento in forma di spezzata è stato riscontrato anche nel caso della volta della cappella di Villaspeciosa in cui tuttavia nessuno dei due tratti è orizzontale.

E' stato possibile inoltre riscontrare l'effettiva posizione delle chiavi. In quasi tutti i casi la chiave secondaria ha la parte piana inferiore parallela al piano del pavimento. Solamente nel caso della volta di Villaspeciosa le chiavi risultano leggermente ruotate come a guardare verso il centro ideale di curvatura della volta. La prima soluzione era più frequente, anche in Spagna⁶, nelle volte più antiche.

Fig.4 - Casi ricorrenti di proporzionamento degli archi d'imposta e/o diagonali della volta. A sinistra suddivisione in 5 parti, a destra suddivisione in 6 parti. In azzurro l'arco equilatero.

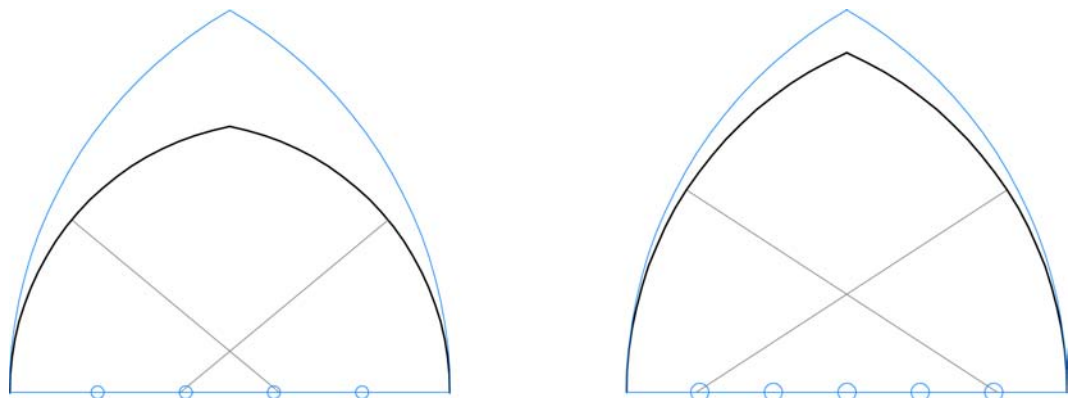




Fig.5 - Diverso trattamento dei conci d'avvio delle nervature, da sinistra a destra vulcanite (Busachi, Sant'Antonio e San Domenico), calcare di Cagliari (Assemini, San Pietro e Decimomannu, Sant'Antonio)

Mentre la soluzione con le chiavi ruotate è generalmente più tarda.

Gli archi d'imposta delle volte e quelli delle nervature diagonali che non risultano essere a tutto sesto, sono sempre archi a sesto acuto ribassato. Ossia con freccia inferiore alla luce dell'arco stesso. Verificando se esistessero delle regole specifiche di tracciamento si è trovato che: alcuni degli archi d'imposta e degli archi diagonali hanno i centri in punti ben precisi della segmento che individua la luce dell'arco. Spesso questo è diviso in cinque o sei parti e i centri degli archi si trovano in uno dei punti di divisione (Fig.4).

6.1.3 Conci e decorazioni in relazione al materiale da costruzione

I materiali delle volte rilevate sono in prevalenza calcari e vulcaniti. Per ciò che riguarda l'analisi più puntuale delle volte rilevate si può dire che le chiese della provincia di Cagliari (Assemini, Decimomannu, Sestu, Villaspeciosa) il materiale adoperato è calcare proveniente dalle antiche cave della città di Cagliari. Nel caso di Furtei di tratta invece di pietra arenaria e calcarea estratta nelle vicinanze del due centro. Nelle chiese di Busachi le volte sono realizzati utilizzando la vulcanite abbondante in loco.

In relazione al tipo di materiali è stato possibile notare che la lavorazione delle modanature è differente nei diversi casi e risulta influenzata dal materiale utilizzato.

Nell'area di Cagliari, in cui viene adoperato il calcare come materiale da costruzione ritroviamo lavorazioni a tori, gole e listelli che si susseguono generalmente andando a creare almeno tre motivi incisi sui conci che vanno a costituire la nervatura. Questa articolazione nella decorazione è stata riscontrata anche in altri edifici dell'area del basso campidano, tra cui Villasor, San Sperate, Uta e Monastir. A Furtei le lavorazioni più ricercate dei capitelli e della chiave di volta sono eseguite su pietra calcarea bianca, mentre i costoloni hanno una lavorazione molto semplice. A Busachi, in entrambe le chiese, la lavorazione è molto curata. La chiesa di Sant'Antonio da Padova ha dei peducci molto grandi lavorati con fogliame in rilievo e cinque chiavi raffiguranti la principale i patrono e le altre quattro figura di santi non ancora identificati. Nella chiesa di San Domenico i peducci sono sostituiti da una cornice con motivi classici che corre lungo tutto il perimetro della cappella immediatamente al di sotto dell'imposta della volta. Le nervature sono lavorate a motivi di gole successive senza interposizione di listelli e in alcuni casi con l'inserimento di piccoli tori. Questo per il fatto che la lavorabilità del materiale non si presta ad ottenere profili particolarmente articolati. La vulcanite adoperata è di tonalità grigio rosa diversa da quella più scura utilizzata nelle costruzioni dell'edilizia tradizionale del paese.



Fig.6 - Varianti della lavorazione delle chiavi di volta dei presbiteri. Da sinistra a destra: Assemini, Decimomannu, Sestu, Furtei, Busachi.

6.2 CONSIDERAZIONI SUL METODO

Obiettivo principale del lavoro è stato quello della conoscenza del sistema volta da un punto di vista della geometria degli elementi che lo compongono. Tale conoscenza rappresenta un importante punto di partenza per lo studio dei singoli casi. Ma accanto a questo obiettivo ve ne è uno di natura più generale che riguarda la sperimentazione della procedura di rilevamento.

Il risultato più importante fornito dal metodo è la facilità e la velocità con cui si ottiene il modello. Esso è una superficie che già contiene tutte le caratteristiche necessarie a rappresentare l'oggetto. Questo risultato si ottiene attraverso l'applicazione di un processo descritto nel precedente capitolo 4 e che consiste nell'esecuzione di pochi passi facilmente ripetibili. Nell'applicare il metodo è stato possibile valutarne l'efficacia su un consistente numero di elementi e determinare i vantaggi e gli svantaggi di una simile procedura.

6.2.1 Vantaggi

- Rapidità di esecuzione del rilievo
- Necessità di pochi strumenti
- Economicità dei lavori in quanto le operazioni sono state strutturate perché potessero essere compiute anche da un solo operatore
- Ottenimento di un prodotto finito costituito da una mesh a cui sono associate le texture ricavate in modo automatico dalle immagini fotografiche
- Esecuzione di poche operazioni con il software di fotogrammetrico
- Ottenimento di un prodotto di qualità (funzione del numero e della qualità delle foto di partenza)

- Risparmio di memoria del computer perché il processo avviene sul Cloud
- Possibilità di eseguire altre operazioni mentre il software procede all'elaborazione della mesh
- Qualità e versatilità del modello
- Accuratezza delle texture

6.2.2 Svantaggi

- Necessità di raccogliere un certo numero di misure di controllo
- Necessità di equipaggiamenti aggiuntivi nel caso l'oggetto da documentare si trovi in una posizione difficilmente raggiungibile tramite le foto scattate da terra
- Necessità di una connessione al web abbastanza veloce; il software non permette alcune operazioni quando si è off-line
- Il processo restituisce superfici e non volumi
- La densità della mesh ottenuta può essere molto elevata e richiede macchine adatte per l'elaborazione
- Necessità di ulteriore elaborazione della mesh prodotta per poter arrivare alla redazione di disegni di pianta e sezione.

6.2.3 Bilancio e considerazione finali

Quando si progetta un rilievo, in particolare quello in campo architettonico, è importante determinare in anticipo alcuni aspetti fondamentali che permettono di eseguire delle scelte oculate sia in termini di procedura che di scelta degli strumenti, al fine di risparmiare tempo e denaro senza per questo sacrificare la qualità dei risultati⁷. Quindi scegliere la giusta procedura è direttamente connesso alla finalità del lavoro. In questo caso la finalità era, sia quella di determinare la forma

originaria dell'oggetto, sia quella di ottenere una rappresentazione dell'attuale stato della volta rilevata. Per questo motivo la procedura è stata calibrata per ottenere questo duplice risultato.

Valutando in definitiva i vantaggi e gli svantaggi anche in relazione ai risultati ottenuti si può giungere ad un bilancio positivo del metodo. Esso infatti consente di ottenere risultati in tempi rapidi e con costi contenuti. Uno dei problemi maggiori è costituito dalle zone d'ombra rappresentate dagli arredi fissi. Se infatti i costoloni possono essere visti da diversi punti di presa e non vanno a costituire ostacolo nella determinazione dei punti, gli arredi possono fisicamente impedire di raggiungere delle parti. Nelle schede delle singole volte rilevate si può notare come in alcuni casi le piante delle volte evidenzino lacune e imperfezioni nella restituzione della mappatura dei fotopiani. Tali mancanze sono da imputarsi principalmente alla presenza di ostacoli fisici quali gli arredi fissi che hanno impedito una copertura fotografica totale. Tramite la successiva elaborazione delle mesh sono stati ricavati i profili delle nervature e determinate le curvature di ciascuna cosicché è possibile osservare la relazione tra la pianta e le diverse curvature. Tuttavia la procedura di rilevamento e restituzione per fotomodellazione proposta ha un limite fondamentale che è collegato alla dimensione degli oggetti da documentare. Quindi sebbene risultati ancora adatta alle volte più grandi qui rilevate comporta dei problemi con oggetti di maggior dimensione. Questo per il fatto che l'accuratezza è funzione del numero di pixel della foto e quindi quando si è costretti a scattare immagini da lontano si perde in dettaglio.

6.3 CONCLUSIONI

La conoscenza è momento necessario e fondamentale che precede la fase di scelta progettuale. Questo è ancor più

vero quando si deve affrontare un progetto di conservazione. Il rilievo per il restauro è materia complessa e articolata che molto spesso richiede approfondimenti multidisciplinari. Disegnare e misurare consentono di approfondire le conoscenze sul manufatto e permettono il confronto e la comprensione.

Ciascun edificio specie se complesso e stratificato è un mondo a se stante che va indagato con cura e attenzione. Tuttavia possedere un quadro generale all'interno del quale inquadrare specifiche caratteristiche aiuta nella conoscenza e soprattutto nella scelta delle procedure da adottare nel progetto di conservazione. Un simile quadro generale mancava finora in Sardegna per quanto riguarda l'argomento specifico delle volte nervate trattato in questo lavoro. Oltre ad evidenziare la capillare diffusione nell'isola del sistema costruttivo delle volte nervate. Considerando le singole particolarità degli edifici analizzati è stato possibile nel corso della ricerca individuare dei fili conduttori che hanno mostrato la prassi costruttiva e le specificità della costruzione delle volte tardo gotiche sarde.

La ricerca ha permesso di evidenziare in modo puntuale le similitudini e differenze tra le costruzioni sarde e quelle del levante iberico da cui hanno ricevuto forte influenza. In questo senso, oltre alla similitudine stilistica, più volte sottolineata da diversi autori, la ricerca ha fatto luce su un aspetto finora solo marginalmente indagato in ambito isolano e cioè quello degli aspetti pratici della progettazione e dell'esecuzione. Si sono così evidenziate le similitudini costruttive in termini di disegno generale della volta e poste in luce le particolarità delle singole volte rilevate.

Al contempo, dato che la ricerca necessitava di un metodo di rilevamento che consentisse di documentare il maggior numero di casi possibili, si è affrontato il problema del rilievo orientato alla fotomodellazione. L'applicazione del metodo ad ambienti architettonici di interni e ha

permesso di fornire dati per un avanzamento della disciplina. Nello specifico si può notare che il metodo è valido quando gli spazi sono contenuti e adeguatamente illuminati. Inoltre la possibilità di raccogliere gli scatti da un gran numero di

angolazioni eliminare le zone d'ombra che potrebbero derivare dalla presenza dei costoloni qualora si procedesse a rilievo tramite laser scanner con un'una o due stazioni all'interno di ciascuna cappella.

-
1. Bairati, C. *La simmetria dinamica: scienza ed arte nell'architettura classica*. Milano, 1952. p.338.
 2. Palacios Gonzalo, J.C., *La cantería Medieval. La construcción de la Bóveda gótica española*, Editorial Munilla, Lería, 2009
 3. Casu P., Pisu C., *Volte nervate del tardogotico sardo*, *Disegnarecon* n9 vol 5 2012
 4. Caciagli C., *On Precision in Architecture*, *Nexus Network Journal*, vol. 3, no. 1, 2001 pp. 11–15.
 5. Real Orden de 9 de diciembre de 1852, por la que se determinan las tablas de correspondencia recíproca entre las pesas y medidas métricas y las actualmente en uso. Centro Español de metrología
 6. Palacios Gonzalo, J.C., *op.cit.*
 7. Di Paola, F., 2010. *Architecture scanned. Virtual model of a historical stratification*, *Atti dell'XIII Congreso International de Expresión gráfica arquitectónica*, Editorial de la Universitat Politècnica de València, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, Universidad Politécnica de Valencia (Spain), pp. 161-165.

BIBLIOGRAFIA

Arce J., La Spagna in Sardegna. Apporti culturali e testimonianze della sua influenza. Editrice Tea, Cagliari, 1982.

Assorgia A., Barca S., Bravin E., Farris M, Fiori M., Grillo S.M., Marcello A., Pretti S., Rizzo R., Spano C., Carta geologica e delle georisorse del distretto vulcanico Monastir-Furtei, S.E.L.C.A. Firenze, 1993.

Bairati, C. La simmetria dinamica: scienza ed arte nell'architettura classica, Tamburini, Milano, 1952.

Barrocu, G., Crespellani, T., Carta geologico-tecnica di Cagliari, 1981.

Barrocu, G.; Crespellani, T.; Loi, A., Caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo dell'area urbana di Cagliari. Rivista Italiana di Geotecnica, XV/2, 1981, pp. 98-144.

Boato A. L'archeologia in architettura. Misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro, Marsilio, Venezia, 2008.

Bofill i Fransi R. M. L'esglesia catalana gotica de nau unica i la seva actualitat, Miscellània litúrgica catalana, 1983, p. 145-155. <http://www.raco.cat/index.php/Miscellania/article/view/224667/0>

Bofill i Fransi, R.M., Els Temples Catalans Gòtics i El Simbolisme De La Jerusalem Celestial, Miscellània Litúrgica Catalana; 1984.

<http://www.raco.cat/index.php/miscellania/article/view/224675/0>.

Bogdani, J., Fiorini, A., Silani, M., Zanfini, M. 2007, Esperienze di stereofotogrammetria archeologica, Ocnus, 15, 27-44.

Bonu, R., Ricerche storiche su tre paesi della Sardegna centrale: Ortueri, Sorgono, Atzara, Editrice Sarda Fossataro, Cagliari, 1974.

Borra, D, La modellazione virtuale per l'architettura antica. Un metodo verso l'isomorfismo percettivo, Archeologia e Calcolatori, 11, 2000, pp. 259-272.

Budruni, T., Gremi e Artigianato Ad Alghero (XVI XVIII Secolo) in Mattone, A.,(a cura di), Corporazioni, Gremi e Artigianato tra Sardegna, Spagna e Italia nel medioevo e nell'età moderna (XIV-XIX secolo), AM&D, Cagliari, 2000.

Caciagli C., On Precision in Architecture, Nexus Network Journal, vol. 3, n. 1, 2001, pp. 11–15.

Caciagli, C., On Precision in Architecture, in "Nexus Network Journal", vol. 3, n 1, 2001, pp. 11–15.

Caddeu, P., Forma urbana e architettura rurale di matrice gotico - catalana in Sardegna: l'esempio di Sanluri, Tesi dottorale, Università degli Studi di Cagliari, a.a.2009-2010.

Calvo López, J.. Estereotomía de la piedra. In I Master de Restauración del Patrimonio Histórico. Murcia: Colegio de Arquitectos - Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 2005, pp. 117-153. <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/handle/10317/1643>.

Calvo López, J., Orthographic projection and true size in Spanish stonecutting manuscripts, in Proceedings of the first International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003, Instituto Juan de Herrera,. Madrid, 2003, pp. 461-471, <http://repositorio.bib.upct.es:8080/jspui/handle/10317/1162>.

Calvo López, J., "Cerramientos y Trazas De Montea" De Ginés Martínez De Aranda, Tesi dottorale, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1999, <http://tdx.cesca.cat/handle/10803/19552>.

Calvo-López, J., Alonso-Rodríguez, M.Á., Perspective versus stereotomy: from Quattrocento

- polyhedral rings to Sixteenth-Century Spanish torus vaults. *Nexus Network Journal*, vol. 12, n.1, 2010, pp. 75-111
- Cannas, M.C., La parrocchiale di San Giacomo di Villanova in Cagliari, Vicende costruttive dal XV al XVII secolo, in *Atti del XIV congresso di storia della Corona d'Aragona (Sassari-Alghero, 1990)*, vol. 5, Edizioni ETS, Sassari, 1997, pp. 93-113
- Carbonel, J., Manconi, F., *I Catalani in Sardegna*, Silvana Editore, Cinisello Balsamo, 1984.
- Casalis, G., *Dizionario Geografico-Storico-Statistico-Commerciale Degli Stati Di S. M. Il Re Di Sardegna*. Nabu Press, 2011, nelle voci sui centri della Sardegna redatte da Vittorio Angius.
- Casu, P., Dalla terra al cielo, geometria dei pantheon ottocenteschi in Sardegna in Gambardella, C., Giovannini, M., Martusciello, S., (a cura di) *Le Vie dei Mercanti, Cielo dal Mediterraneo all'oriente*. Atti del Sesto Forum internazionale di studi. Capri, 5-6-7 giugno 2008, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 2009, pp. 471-474.
- Casu, P., Note sulla distribuzione dell'architettura tardo-gotica in Sardegna. in Montaldo, G., Casu, P., (a cura di), *Architettura Catalana in Sardegna*, Nuove Grafiche Puddu, Ortacesus (CA), 2007..
- Casu, P., Pisu C., Rilievo e analisi geometrica dei portali del Campidano di Cagliari. in APEGA 2010, X Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada al Edificación, Libro de Actas, Universidad de Alicante Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía, Editorial Marfil, Alicante 2010, pp.825-834
- Casu, P., Pisu C., Volte nervate del tardogotico sardo, *Disegnarecon* vol.5, n.9, 2012, pp. 65-74 <http://disegnarecon.unibo.it/article/view/3154>
- Casu, P., Pisu, C., XVI-XVIIth Late Gothic Architecture in Busachi. Survey, Three-dimensional Modeling, Diffusion on the Web in Gambardella, C. (a cura di), *Less More Architecture Design Landscape, Le vie dei mercanti - X forum internazionale di studi*, La scuola di Pitagora editrice, Napoli 2012.
- Casu, S., Casu, P., Architettura Gotico-Catalana e forma urbana dei centri minori in Sardegna nel '400 e '500, in *El món urbà a la corona d'Aragó del 1137 als decrets de nova planta*. XVII Congreso de Historia de la Corona de Aragón. (Barcelona, Lleida 7-12 settembre 2000), Actas Volumen II, Oficina de Congressos – Universitat de Barcelona, Barcelona, 2003, pp. 503-519.
- Casu, S., Dessì, A., Proposta per la classificazione di organismi ed elementi strutturali, nell'architettura religiosa in Sardegna dal XIII al XVI secolo, in *Atti della Facoltà di Ingegneria*, vol. 14, anno VIII, n.2 ottobre 1980, *Littografia Trois*, Cagliari, 1980.
- Casula, F.C., *Dizionario storico sardo*, Carlo Delfino Editore, Sassari, 2001.
- Cavallari–Murat, A., Static intuition and formal imagination in the special frames of the gothic vaults with nerves, *Bulletin of the international association for shell structures*, n.12, Madrid, 1964.
- Cavallo, G., La Parrocchiale di Sorgono, *Critica tecnica Cagliari, Rivista dell'Ordine degli Ingegneri di Cagliari*, anno V, n° 2 Giugno 1976, , pp. 40-46
- Charbonneau, N., Boulerice, D., Booth, D.V., Computer-aided modeling applied to architectural know-how: the gothic rose window, *ITcon Vol. 11, Special Issue Architectural informatics* , 2006, pp. 361-372, <http://www.itcon.org/2006/26>
- Cherchi, L., *Il paese di San Sperate e il suo patrono, Note storiche per ulteriori ricerche*, Tipografia Tea, Cagliari, 1987.
- Chiavoni P., Paolini E., *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*, Gangemi, Roma, 2011.
- Cirici Pellicer, A., *L'Arquitectura Catalana*, Editorial Moll, Palma de Mallorca, 1955.
- Coda, D., *Castel De Bonayre: Riscontri Archeologici e Problemi Topografici a Cagliari in Età*

- Catalano-aragonese. *ArcheoArte* 1, no. 0, 2012.
- Colli Vignarelli, F., *Paesi sardi: FURTEI*, Voce serafica della Sardegna, Cagliari, 1970, N° 4, pp 7 e ss
- Colli, F., *Decimomannu: Il paese e la sua storia, il culto di santa Greca*, Editrice sarda Fossataro, Cagliari, 1971.
- Cundari, C., (a cura di) *L'architettura di età aragonese nell'Italia centro-meridionale: verso la costituzione di un sistema informativo territoriale documentario e iconografico. Rapporto Conclusivo*, vol. 9, Kappa, Roma, 2007.
- D' Anselmo, M., *Las geometrías de las estructuras abovedadas*, Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Sevilla, 26-28 octubre 2000, eds. A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. Tabales, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, U. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU, 2000, pp.23-28.
- Dalu, M., *La chiesa di Santa Maria di Segolai presso Senorbì*, Atti della Facoltà di Ingegneria, Cagliari 1975, pp. 215-230.
- De Luca, L., *La fotomodellazione architettonica*, Dario Flaccovio, Palermo, 2011.
- Delogu, R., *L'Architettura del medioevo in Sardegna*, La Libreria dello Stato, Roma, 1953.
- Delogu, R., *La Cattedrale Di Alghero, e Le Chiese Gotico - Aragonesi Della Sardegna. Il Convegno*, n.9, 1964, pp. 10–12.
- Delogu, R., *Metodo, Meriti e Limiti Nell'architettura Medioevale Della Sardegna*, in Atti Del XIII Congresso Di Storia Dell'architettura, Sardegna (Cagliari, 6-12 Aprile 1963), Soc. A.B.E.T.E., Roma, 1966,, pp. 172–179.
- Delogu, R., *Studi e Memorie Sulla Storia Dell'architettura Gotica in Sardegna. Studi Sardi I-III*, 1949, pp. 562–575.
- Di Paola, F., *Architecture scanned. Virtual model of a historical stratification*, Atti dell'XIII Congreso Internacional de Expresión gráfica arquitectónica, Editorial de la Universitat Politècnica de València, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, Universidad Politècnica de Valencia (Spain), 2010, pp. 161-165.
- Di Paola, F., *Rilevare tracce di storia. Un protocollo operativo per la conoscenza di un bene architettonico*, in *Le Vie dei Mercanti. Rappresentare il Mediterraneo. Catalogo della Mostra Concorso*, Capri, 14-15-16 giugno 2007, La Scuola di Pitagora Editrice, Napoli, 2007.
- Di Tucci, R., *Le corporazioni artigiane della Sardegna, Con statuti inediti dei gremi di Cagliari*, Sassari, Oristano, Iglesias, Archivio Storico Sardo. XVI, 1926, pp. 66-82
- Díaz, E. R., Calvo-López, J., *Gothic and renaissance design strategies in stonecutting*, in *Creating Shapes in Civil and Naval Architecture: A Cross-Disciplinary Comparison*, 11, 2009, pp. 167-192.
- Díaz, E.R., *Forma y construcción en piedra*, Ediciones AKAL, 2000.
- Docci, M., Maestri, D., *Manuale Di Rilevamento Architettonico e Urbano*, Laterza, Roma-Bari, 2009.
- Dutailly, B., Mora, P., Vergnieux, R., *3D reconstruction of archaeological sites using photogrammetry*, in A. Artusi, M. Joly-Parvex, G. Lucet, A. Ribes, and D. Pitzalis (a cura di) *The 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST*, Eurographics Association, Parigi,, 2010
- Eco, U., *Arte e bellezza nell'estetica medievale*, Bompiani, 2011.
- Edwards, B., *Understanding Architecture Through Drawing*, Taylor & Francis, US, 2008.
- Egle, J. von, and Fiechter, E.R., *Baustil- und Bauformenlehre in Abbildungen mit Texterläuterungen: Drei Bände systematischer Abbildungen nebst kurzen Erläuterungen als Stoff für den Unterricht und für Übungen sowie Selbststudium*. Schäfer, 1905.
- Eric E. Poehler, Steven J. R. Ellis - *The 2011 Season of the Pompeii Quadriporticus Project: The Southern and Northern Sides*, *The Journal of Fasti Online* <http://www.fastionline.org>

- Fajardo, J. C. N., *Bóvedas de la arquitectura gótica valenciana: Traza y Montea*. Publicacions de la Universitat de València, 2006.
- Fangi G. La fotogrammetria sferica una nuova tecnica per il rilievo dei vicini, *ArcheomaticA*, n. 2, giugno 2010, pp.6-10.
- Farris, G., *Busachi e i suoi monumenti. Chiostro, Cenobio e Basilica della Madonna delle Grazie*. In *Quaderni Oristanesi*. n. 2/3 Maggio/Dicembre 1982, Editrice Sa Porta. Oristano, 1992, pp. 25-36.
- Filippucci, M., *Nuvole di pixel. La foto modellazione con software liberi per il rilievo d'architettura*. *Disegnarecon*, vol. 3, n.6, 2010. pp.50-63, <http://disegnarecon.unibo.it/article/view/2081>
- Fiorini, A., Archetti, V., *Fotomodellazione e stereofotogrammetria per la creazione di modelli stratigrafici in archeologia dell'architettura*, *Archeologia e Calcolatori*, n. 22, 2011, pp. 199-216.
- Fiorucci, T., (a cura di), *Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell'architettura e dell'ambiente*, Gangemi, Roma, 2005
- Fitchen, J., *The Construction of Gothic Cathedrals: A Study of Medieval Vault Erection*. University of Chicago Press, 1997.
- Florensa, A., *Il Gotico Catalano in Sardegna*. *Bollettino Del Centro Di Studi Per La Storia Dell'architettura*, n. 17, 1961, pp. 81–116.
- Florensa, A., *La Posizione Del Gotico in Sardegna*, in *Atti Del XIII Congresso Di Storia Dell'architettura, Sardegna (Cagliari, 6-12 Aprile 1963)*, Soc. A.B.E.T.E., Roma, 1966, pp. 213–223.
- Francovich, R., Parenti, R., (a cura di), *Archeologia e restauro dei monumenti, All'Insegna del Giglio*, Firenze, 1988.
- Frankl, P., Crossley P., *Gothic Architecture*, Vol. 19 di *Pelican History of Art*. Yale University Press, 2000.
- Fratus de Balestrini, E., Guerra, F., *New instruments for survey: on line softwares for 3d reconstruction from images*, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, pp. 545-552.
- Freddi, M., *La chiesetta cagliaritana di Santa Lucia in Castello*, *Studi Sardi*, XVI, 1958-59, Sassari, 1960, estratto.
- Freddi, M., Salinas, R., *La chiesa di Santa Maria del Monte in Cagliari*, estratto da *Bollettino Tecnico del circolo culturale ingegneri e architetti sardi*, n. 1-2, 1959.
- Freddi, M., *Un rilievo della cattedrale di Iglesias*, *Bollettino del Centro di Studi per la Storia dell'Architettura*, XVII, 1961, pp. 129-136.
- Furukawa, Y.,. *PMVS2*, Department of Computer Science and Engineering, University of Washington, Seattle, Washington. 2010, <http://grail.cs.washington.edu/software/pmvs/>
- Genin, S.,K.n De Jonge, Palacios Gonzalo, J. C., *Portuguese Vaulting Systems at the Dawn of the Early Modern Period. Between Tradition and Innovation*, in *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, 2009. http://www.bma.arch.unige.it/pdf/CONSTRUCTION_HISTORY_2009/VOL2/GENIN-Soraya_Paper_revised-2_layouted.pdf.
- Gherardi, R., Toldo, R., Garro, V., Fusiello, A., *Automatic camera orientation and structure recovery with Samantha*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, pp. 261-268.
- Gómez-Ferrer, M., Zaragozá, A., *Lenguajes, Fábricas y Oficios En La Arquitectura Valenciana Del Tránsito Entre La Edad Media y La Edad Moderna. (1450-1550)*, *Artigrama*, n.3, 2008, pp. 149–184.
- Grillo, S., *Notizie geologiche petrografiche e storiche*, in Sanna, U., Atzeni, C. (a cura di), *Il*

- manuale tematico della pietra, collana Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna, Regione Autonoma della Sardegna, Università di Cagliari Dipartimento di Architettura, DEI Tipografia del Genio Civile, 2009, pp. 3-24.
- Guida Rossa, Touring Club Italiano, 2005.
- Hembridge, J., *The elements of dynamic symmetry*, Yale university press, 1919.
- Huerta Fernández, S., *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*, Textos sobre teoría e historia de las construcciones, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2004.
- Huerta Fernández, S., *Oval Domes: History, Geometry and Mechanics*, Nexus Network Journal, vol. 9, 2007, pp. 211-248.
- Huerta Fernández, S., *The medieval 'scientia' of structures: the rules of Rodrigo Gil de Hontañón*, in *Towards a History of Construction. Between Mechanics and Architecture*, Birkhäuser Verlag, Basel, Suiza, 2002, pp. 567-585.
- Huerta Fernández, S., *Geometry and equilibrium: The gothic theory of structural design*. *Structural Engineer*, vol. 84, n.2, 2006, pp. 23-28.
- Ingegno, A., *Storia del restauro dei monumenti in Sardegna: dal 1891 al 1953*, S'Alvure, Oristano, 1994.
- Inzerillo, L., *Il gotico chiaramontano, aragonese e catalano nella Sicilia occidentale. Monofore, bifore, trifore e cappelle interne*, Caracol, Palermo, 2008.
- Inzerillo, L., *Una piattaforma sul mare. Rilievo e analisi geometrica*, in *Tra cielo e mare. Lo stabilimento balneare di Mondello*, Caracol, Palermo, 2009, pp. 111-142.
- Kersten, T., Stallmann, D., *Automatic texture mapping of architectural and archaeological 3d models*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B5, 2012, pp. 273-278.
- Kersten, Th., Lindstaedt, M., Mechelke, K., Zobel, K., *Automatische 3D-Objektrekonstruktion aus unstrukturierten digitalen Bilddaten für Anwendungen in Architektur, Denkmalpflege und Archäologie*. *Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation*, 21, 2012, pp. 137-148.
- Kirova, T.K., *Cagliari, quartieri storici*. Stampace. Comune di Cagliari. Assessorato alla pubblica istruzione e beni culturali, 1995.
- Kulig, A., Romaniak, K., *Geometrical models of stellar vaults*, *The journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*, Volume 17, 2007, pp. 51-56
- Lallai, P., Mostallino, G., *L'Architettura gotica in Sardegna: rilievo ed analisi degli elementi costruttivi della chiesa di San Pietro in Assemmini*, in *Quaderni del dipartimento di Architettura*, n° 5, Cuec, Cagliari, 2005, pp. 57-82.
- Leopold, C., *Geometry Concepts in Architectural Design*, in *Proceedings of 12th International Conference On Geometry and Graphics, ISGG, Salvador/Brasil*, 2006.
- Licheri, M., *Ghilarza : note di storia civile*, Tipografia G. Gallizzi, Sassari, 1900.
- Maltese, C., *Arte in Sardegna dal V al XVIII*, schede di Corrado Maltese e Renata Serra, De Luca Editore, Roma 1962. pp. 205-207
- Maltese, C., *Diffidenza per le forme classiche*, *Tuttitalia*, 106 (Sardegna), 1963, p. 114.
- Maltese, C., Serra R., *Episodi di una civiltà anticlassica*, in *Sardegna*, Milano, Electa, 1966, pp. 177-404.
- Maltese, C., *Persistenza di motivi arcaici tra il 16 e il 18 secolo in Sardegna*, *Studi Sardi*, XVII, 1959, pp. 462-472.
- Manconi, F., *La Società Sarda in Età Spagnola. Vol. 2. Edizioni Della Torre*, 2003.

- Marino, L., *Il Rilievo Per Il Restauro*, Milano, Hoepli, 1990.
- Mattone, A., *Corporazioni, Gremi e Artigianato Tra Sardegna, Spagna e Italia Nel Medioevo e Nell'età Moderna (XIV-XIX Secolo)*, vol. 12, AM&D, 2000.
- Meloni, G., *Ramon Muntaner – Pietro IV d'Aragona, La conquista della Sardegna nelle cronache catalane*, Ilisso, Nuoro, 1999.
http://www.sardegnaicultura.it/documenti/7_26_20060401172334.pdf
- Migliari R. (a cura di), *Frontiere del rilievo. Dalla matita alle scansioni 3D*, Roma, Gangemi, 2001.
- Migliari R. *L'impostazione scientifica del rilievo*
<http://w3.uniroma1.it/riccardomigliari/Ref/FullText.aspx?ID=27>
- Migliari, R., Fallavollita, F. *Gli archi e le volte*, in Migliari, R., *Geometria descrittiva volume II tecniche e applicazioni*, Città Studi edizioni, Novara, 2009, p. 457.
- Migliari, R., *Geometria dei modelli*, Edizioni Kappa, Roma, 2003.
- Mira, E., Zaragoza Catalán, A., *Una arquitectura gótica mediterránea, catálogo exposición*, Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura i Educació. Subsecretaría de Promoció Cultural, Valencia, 2003.
- Montaldo, G., Casu, P. (a cura di) *Architettura Catalana in Sardegna*, Nuove Grafiche Puddu, Ortacesus (CA), 2007.
- Moore, C. H., *Development and Character of Gothic Architecture*, Mac Millan, New York, 1906.
- Mossa, V., *Architettura e paesaggio in Sardegna*, Carlo Delfino, Sassari, 1983.
- Murgia, S., *Muravera e le sue chiese nei documenti d'archivio*, Grafica del Parteolla, Dolianova, 2005.
- Naitza S., *Architettura dal tardo '600 al classicismo purista. Collana Storia dell'arte in Sardegna*, Ilisso, Nuoro, 1992.
- Naitza, S., (a cura di), *San Sperate, Storia, arte, memorie*. Stef. Cagliari, 1996.
- Nguyen, H.M., Wünsche, B., Delmas, P., Lutteroth, C., n.d. *3D Models from the Black Box: Investigating the Current State of Image-Based Modeling*. *Advanced Computer Graphics: COMPSCI 715 Semester 2 (2012)*, City Campus.
- Ortega, G., Jesús, A., *Typology, size and measurement of the gothic architecture. The focus of Burgos (XIIIth-XIVth centuries)*. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, n. 17, 2011, pp. 210–219.
- Padovan, R. *Proportion: Science, Philosophy, Architecture*. Taylor & Francis, 2002.
- Palacios Gonzalo, J. C., *Las Bóvedas De Crujería Españolas De Los Siglos XV y XVI*, in *Actas Del Tercer Congreso Nacional De Historia De La Construcción: Sevilla, 26 a 28 De Octubre De 2000*, pp. 743–751, <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=605995>.
- Palacios Gonzalo, J. C., *Las Bóvedas De Crujería Rebajadas: Criterios De Diseño y Construcción*, in *Actas Del Cuarto Congreso Nacional De Historia De La Construcción: Cádiz, 27-29 De Enero De 2005*, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2005, pp. 821–830.
http://gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital/Congresos/CNHC4/CNHC4_080.pdf.
- Palacios Gonzalo, J.C., José. *Spanish ribbed vaults in the 15th and 16th centuries*, in: *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, Huerta, S., (a cura di) Instituto Juan de Herrera. Madrid, 2003, pp. 1547-58.
http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CIHC1_146_Palacios%20J.pdf.
- Palacios Gonzalo, J. C., Talaverano, R.M., *Complejidad y Estandarización En Las Bóvedas Tardogóticas*, *Anales De Historia Del Arte*, 2012, pp. 375–387.
- Palacios Gonzalo, J.C., *Estereotomía Clásica y Cantería Gótica En Galicia*. *ROC Máquina: Piedras Naturales, Maquinaria y Equipos*, n. 94, 2005, pp. 28–32.

- Palacios Gonzalo, J.C., *La cantería Medieval. La construcción de la Bóveda gótica española*, Editorial Munilla, Lería, 2009.
- Palacios Gonzalo, J.C., *La cantería Medieval. La construcción de la Bóveda gótica española*, Editorial Munilla, Lería, 2009.
- Palacios Gonzalo, J.C., *La geometría de la bóveda de crucería española del XVI* (August 29, 2012). <http://www.gothicmed.es/browsable/docs/La%20geometria%20de%20la%20boveda%20de%20crueria.pdf>.
- Palacios, J.C., Martín, R., *La construcción de una bóveda de crucería en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*, in *Informes de la Construcción*, Vol. 61, 515 julio-septiembre 2009, pp. 49-58.
- Pani, B., *Le chiese a terminale piatto. Studio geometrico dimensionale e rappresentazione sul territorio*. Tesi dottorale, Univerisità degli Studi di Cagliari, a.a. 2009-2010, <http://veprints.unica.it/559/>.
- Erwin, P., *Architettura gotica e filosofia scolastica*. a cura di Francesco Starace, *Abscondita*, 44, Milano, 2010
- Paris L., *Quantità e qualità nell'utilizzo dello scanner laser 3D per il rilievo dell'architettura*, in in *APEGA 2010, X Congreso International de Expresión Gráfica aplicada al Edificación*, Libro de Actas, vol. 1, Universidad de Alicante Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía, Editorial Marfil, Alicante 2010, pp. 279-289.
- Paris, L., *Il rilievo del modello*, in *Il disegno delle trasformazioni*, Giornate di Studio, Napoli1-2 Dicembre 2011. Clean Edizioni, Napoli, 2011.
- Pevsner, N., *Storia dell'architettura europea*, Laterza, Roma-Bari, 2006.
- Pierrot Deseilligny, M., Clery, I., *APER0, an open source bundle adjustment software for automatic calibration and orientation of set of images*, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, pp. 269-276.
- Pillittu A., *Un monumento tardogotico sardo: la chiesa parrocchiale di Sant'Ambrogio in Monserrato*, *Studi Sardi*, n. 29, Sassari, 1991.
- Piseddu A., *Segolay, un paese scomparso tra storia e leggenda*, *Frontiera*, Agosto 1972.
- Piseddu A., *Senorbì, note per una storia*, Zonz Editori, Sestu (CA), 2001.
- Piseddu, A., *Chiese e arte sacra in Sardegna*. Zonza, Sestu (CA), 1998.
- Pisu C., Casu, P., "Le volte tardogotiche dipinte nelle chiese sarde", *Ottavo Congresso UID. XXXIII Convegno Internazionale dei docenti delle discipline della rappresentazione*, Lerici 13-15 ottobre 2011, *Giornata di studio "Il colore nel costruito storico. Innovazione, sperimentazione, applicazione*, *ERMES Servizi Editoriali Integrati*, Roma, 2011.
- Pisu, C. *Geometric analysis of gothic openings with ogee arch*, *Proceedings of The 14th International Conference on Geometry and Graphics*, Edited by International Society for Geometry and Graphics, Kyoto, 2010, p.352.
- Pisu, C., *La Casa D'impronta Catalana Nei Paesi Del Centro Sardegna: Sorgono e Atzara*, in *Gambardella C., Zerlenga, O., Pisacane, N., Argenziano, P., Carlomagno, L., (a cura di) - Rilievo è/o Progetto*, n.15, Collana diretta da C. Gambardella, *Le vie dei mercanti .Cielo dal Mediterraneo all'Oriente*, *Catalogo della mostra concorso Sesto Forum Internazionale di Studi*, Capri 5-6-7 giugno 2008, *Edizioni Scientifiche Italiane*, Napoli, 2009, pp.50-52.
- Pisu, C., *Virtual reconstruction of a gothic window*, in *EGA 2010 - XIII International Congress of Architectural Graphic Expression*, Valencia 27-28-29 maggio 2010, *Actas*, vol.III CD rom, Editorial de la Universitat Politècnica de València, Valencia, 2010.
- Pisu, C., *Architettura catalana nel centro di Busachi. Su Cunventu, rivivere il passato nel presente*,

in *Le vie dei mercanti. Rappresentare la conoscenza*, La scuola di Pitagora editrice, Napoli, 2010, pp. 803-806.

Pisu, C., I rapporti tra territorio e costruito nella Barbagia-Mandrolisai. Il disegno della forma urbana di Sorgono nel XVI secolo, in *Rilievo e/o Progetto*, n° 14, *Le vie dei mercanti .Cielo dal Mediterraneo all'Oriente*, Atti del Sesto Forum Internazionale di Studi. Caserta-Capri 5-6-7 giugno 2008, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 2009, pp. 741-744.

Poehler, E.E, Ellis, S. J. R., The 2011 Season of the Pompeii Quadriporticus Project: The Southern and Northern Sides, *The Journal of Fasti Online*, <http://www.fastionline.org>

Porcu Gaias, M., Sassari, Storia architettonica e urbanistica dalle origini al '600, Ilisso, Nuoro, 1996.

Pracchi, R., Terrosu Asole, A., (a cura di) *Atlante della Sardegna con la direzione cartografica di M. Riccardi*, La Zattera Cagliari, 1980.

Putzu, M.G., Tecniche costruttive murarie medievali in Sardegna fra X e XV secolo *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Valencia, 21-24 octubre 2009, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2009.

Real Orden de 9 de diciembre de 1852, por la que se determinan las tablas de correspondencia recíproca entre las pesas y medidas métricas y las actualmente en uso. Centro Español de metrología.

Regione Autonoma della Sardegna, Carta geologica della Sardegna, Litografia Artistica Cartografica, Firenze, 1996.

Remondino F. Rilievo e modellazione 3D di siti e architetture complesse, *Disegnarecon*, vol.4, n.8, dicembre 2011. pp. 90-98.

Remondino, F., El-Hakim, S., Girardi, S., Rizzi, A., Benedetti, S., Gonzo, L., 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures-The " 3D-ARCH" Project, in *Proceedings of the ISPRS Working Group V/4 Workshop 3D-ARCH "Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures"*, 2009.

Restuccia, F., Fianchino, C., Galizia, M., Santagati, C., The stone landscape of the Hyblaean Mountains: the geometry, structure, shape and nature of the muragghiu, in *Tampone, G., Corazzi, R., Mandelli, E. (a cura di), Domes in the World. Congress Proceedings Florence march 19-23 2012*. Nardini Editore, Firenze, 2012.

Rodriguez Navarro, P., La fotogrametria digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos, *EGA*, n 20 Anno 17/2012 pp. 100-111.

Rossi, M., Tedeschi, C., Statica e dinamica delle volte di monte oliveto, problemi di rilevamento e rappresentazione, in *E-arcom tecnologie per comunicare l'architettura*, CLUA edizioni, Ancona, 2004.

S. Igia, capitale giudiciale: contributi all'Incontro di studio Storia, ambiente fisico e insediamenti umani nel territorio di S. Gilla (Cagliari), 3-5 novembre 1983. Ets Editrice, Cagliari, 1986.

Salis, M., La chiesa parrocchiale di San Pietro in Assemini. Note per una cronologia. *ArcheoArte*, Italia, 1, dic. 2010.<http://ojs.unica.it/index.php/archeoarte/article/view/35>

Salvatore, M., Trevisan, C., Stereotomia della pietra, in *Migliari Riccardo, Geometria descrittiva volume II tecniche e applicazioni*, Città Studi edizioni, Novara, 2009, pp. 485-561.

Santagati, C., Il rilievo mediante laser scanner 3D. Problemi di metodo e procedure inerenti ai beni archeologici e paesaggistici, in *Il modello digitale per il progetto: l'esperienza del parco archeologico di Kaukana a Santa Croce Camerina (RG) Sesto congresso UID XXXI Convegno Internazionale delle discipline della rappresentazione - Disegno e progetto - Lerici 13,14,15 ottobre 2009*.

Santagati, C., Metodologie digitali per il disegno delle torri di Enna, in *Galizia, M., Il disegno delle*

- torri medievali di Enna nel paesaggio urbano tra passato e presente, Giuseppe Maimone Editore, Catania, 2011, pp. 129-160.
- Sari, A., *Architettura ad Alghero dal XV al XVII secolo*, Biblioteca francescana sarda, IV, Oristano, 1990, pp. 175-240;
- Sari, A., *L'Arquitectura Catalana a l'Alguer*, *Revista De l'Alguer*, n. 2, 1991, pp. 83–101.
- Scano, D., *Chiese medioevali di Sardegna*, Edizioni della Fondazione Il Nuraghe, Cagliari, 1929.
- Scano, D., *Storia dell'arte in Sardegna dal XI al XIV secolo*, Montorsi, Cagliari-Sassari, 1907.
- Schirru M. . Un'interessante architettura gotico-barocca della Sardegna: la parrocchiale di San Vito a Villagrecca. in *Notiziario ASDCA*, n.18-19, dicembre 2011, pp. 9-12.
- Schirru, M., *Palazzi e dimore signorili nella Sardegna del XVIII secolo*, Tesi Dottorale, Università di Cagliari, aa. 2006-2007. <http://veprints.unica.it/62/>.
- Schouteden, J., Pollefeys, M., Vergauwen M., Van Gool, L., *Image-based 3d acquisition tool for architectural conservation*, *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, , 34.5/C7, 2002, pp. 300-305.
- Scopigno, R., *3D scanning: potenzialità e limiti delle tecnologie di acquisizione automatica*, *DDD, Disegno Digitale e Design*, n.5, Gennaio – Marzo 2003, Poli.Design, Milano, 2003.
- Segni Pulvirenti, F., Sari, A., *Architettura tardogotica e d'influsso rinascimentale*, Nuoro, Ilisso, 1994.
- Senent Domínguez, R., *Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira. Estrategias góticas en cantería renacentista* *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Santiago 26-29 octubre 2011, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2011.
- Serra R., Cavallo G., *Il santuario di San Mauro a Sorgono (Nuoro)*, *Studi Sardi*, XXIII, parte I, Sassari, 1975, pp. 239-267.
- Serra R., *Contributi all'architettura gotica catalana: il San Domenico di Cagliari*, *Bollettino del Centro di Studi per la Storia dell'Architettura*, n. 17, 1961, pp. 117-127.
- Serra R., *L'architettura sardo-catalana*, in Carbonell, J., Manconi, F., (a cura di) *I Catalani in Sardegna*, Silvana Editore, Cinisello Balsamo, 1984, pp. 135, 141.
- Serra R., *Le parrocchiali di Assemini, Sestu e Settimo S. Pietro*, *Note per una storia dell'architettura tardogotica in Sardegna*, *Atti del XIII Congresso di Storia dell'architettura, Sardegna (Cagliari, 6-12 aprile 1963)*, I, Roma 1966, pp. 225-243.
- Serra, A., *Le Cappelle Della Cattedrale Di Alghero Nelle Fonti Archivistiche*, *Revista De l'Alguer*, n. 6, 1995, pp. 75–101.
- Serra, R., *Il santuario di Bonaria e gli inizi del gotico catalano in Sardegna*, in *Studi Sardi*, vol. XIV-XV (1955-1957), Sassari 1958, p. 349.
- Serra, R., *Il Santuario di Bonaria in Cagliari e gli inizi del gotico-catalano in Sardegna*, *Studi Sardi*, XIV-XV, 1955-57, parte II, pp. 333-354.
- Serra, R., *Le parrocchiali di Assemini, Sestu e Settimo S. Pietro. Note per una storia dell'architettura tardogotica in Sardegna*, in *Atti del XIII Congresso di Storia dell'architettura, Sardegna (Cagliari, 6-12 Aprile 1963)*, I, Soc. A.B.E.T.E., Roma, 1966, pp. 225–243.
- Serra, R., *Le parrocchiali di Assemini, Sestu e Settimo S. Pietro*, *Note per una storia dell'architettura tardogotica in Sardegna*, in *Atti del XIII Congresso di Storia dell'architettura, Sardegna (Cagliari, 6-12 aprile 1963)*, vol. 1, Società A.B.E.T.E., Roma 1966, pp. 232-234;
- Serra, R., *Retabli pittorici in Sardegna nel quattrocento e nel cinquecento*. Cassa di risparmio di Torino, 1980.
- Snavely, N., Seitz, S.M., Szeliski R., *Modeling the World from Internet Photo Collections*. *International Journal of Computer Vision*, vol. 80, n.2, 2008, pp. 189-210.

- Sorgia, G., *La Sardegna spagnola*, collana di Storia della Sardegna antica e moderna, vol. 7, Chiarella, Sassari, 1982.
- Spano, G., *Guida della città e dintorni di Cagliari*. A. Timon, 1861; Università di Cagliari Istituto di storia medioevale.
- Street, G. E. *Some Account of Gothic Architecture in Spain*. J. Murray, 1865.
- Taín-Guzmán, M., Alonso-Rodríguez, M.A., Calvo-López, J., Natividad-Vivó, P., *Stonecutters' literature and construction practice in Early Modern Gothic: the tracings for a rib vault at the Cathedral of Tui in Galicia*, 2012.
http://www.academia.edu/2897964/Stonecutters_literature_and_construction_practice_in_Early_Modern_Gothic_the_tracings_for_a_rib_vault_at_the_Cathedral_of_Tui_in_Galicia
- Terán Bonilla, J.A., *Los Gremios De Albañiles En España y Nueva España*, Imafronte, n. 12, 1996, pp. 341–355.
- Tola, B., *La chiesa parrocchiale di Sant'Antonio Abate (Decimomannu) in Per una riscoperta della storia locale, la comunità di Decimomannu nella storia*, Decimomannu, Arci Bauhaus Decimomannu, 2008, pp.361-367.
- Touring Club Italiano, *Guida rossa* 2005,
- Trevisan, C., *Per la Storia della stereotomia. Geometrie metodi e costruzioni*, Aracne Editrice, Roma, 2011.
- Turtas, R., *Storia della chiesa in Sardegna: dalle origini al Duemila*, Città Nuova, Sassari, 1999.
- Vergauwen, M., Van Gool, L., *Web-based 3D Reconstruction Service*. *Machine Vision and Applications*, 17, 2006, pp. 411–426.
- Vernizzi, C., *Considerazioni sul rilevamento per la valutazione strutturale di architettura storica monumentale: le volte della navata centrale del Duomo di Parma*, in *Disegnare. Idee, immagini*. Rivista Semestrale del Dipartimento RADAAR, Università di Roma La Sapienza, N. 35/2007, Gangemi Editore, Roma, pp. 74-85.
- Viollet-Le-Duc, E.E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe a XVIe siècle*, B. Bance, 1854.
- Viridis, F., *Arte e architettura civile e religiosa a Villasor*. Grafiche del Parteolla, Dolianova, 2010.
- Willis, R., *On the construction of the vaults of the Middle Ages*, Royal Institute of British Architects, 1842.
- Yang, M.D., Chao, C.F., Huang, K.S., Lu, L.Y., Chen, Y.P., *Image-based 3D scene reconstruction and exploration in augmented reality*. *Automation in Construction*. In press. Corrected proof.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512001690> (30 Jan. 2013).
- Yee, R., *Architectural Drawing: A Visual Compendium of Types and Methods*, John Wiley & Sons, 2007.
- Yuan-Fang, W.,. *A comparison study of five 3D modelling systems based on the sfm principles*. Technical Report 2011-01. Visualize Inc., Goleta, USA, 2011.
- Zaragozá Catalán, A. *La Arquitectura Gótica Del Maestrazgo En Tiempos Del Papa Luna*. *Ars Longa: Cuadernos De Arte*, no. 5, 1994, pp. 99–109.
- Zaragozá Catalán, A., *Arquitectura gótica valenciana, siglos XIII-XV: monumentos de la comunidad valenciana, catálogo de monumentos y conjuntos declarados e incoados*, Tomo 1, Direcció General de Promoció Cultural i Patrimoni Artístic, 2000.

SITI WEB (ultima consultazione 10/04/2013)

<http://ca.wikipedia.org/>

<http://commons.wikimedia.org/>

<http://de.wikipedia.org/>

<http://dialnet.unirioja.es/>

<http://disegnarecon.unibo.it/>

<http://en.wikipedia.org/>

<http://fr.wikipedia.org/>

<http://gilbert.aq.upm.es/sedhc/index.htm>

<http://homes.esat.kuleuven.be/~visit3d/webservice/v2/index.php>

<http://ojs.unica.it/>

<http://veprints.unica.it>

<http://www.academia.edu>

<http://www.agisoft.ru/>

<http://www.library.pitt.edu/libraries/drl/>

<http://it.bing.com/maps/>

<http://it.wikipedia.org/>

<http://maps.google.it/intl/it/help/maps/streetview/>

<http://repositorio.bib.upct.es/>

<http://w3.uniroma1.it/riccardomigliari>

<http://www.123dapp.com/>

<http://www.cati.es/iglesia.htm>

<http://www.ermitascomunidadvalenciana.com>

<http://www.fastionline.org>

<http://www.flickr.com/>

<http://www.google.com/earth/index.html>

<http://www.gothicmed.es/browsable/ca/home.html>

<http://www.nist.gov/index.html>, NIST Definition of Cloud Computing

<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>

<http://www.nist.gov/index.html>, NIST Definition of Cloud Computing

<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>

<http://www.panoramio.com/> (consultato il 5/11/2012)

http://www.parroquiaempuries.org/files/S.MARTI-5063_0.jpg

<http://www.parroquiaempuries.org/files/SANT%20MARTI-5%20001.jpg>

<http://www.photomodeler.com/>

<http://www.raco.cat/>

<http://www.regione.sardegna.it/j/v/509?s=1&v=9&c=4399&na=1&n=10&tb=4394&tb=4394&st=2>

<http://www.rhinophoto3d.com/>

<http://www.sardegnaicultura.it>

<http://www.sardegnaicultura.it/j/v/253?s=18325&v=2&c=2488&c1=2123&t=1>,

<http://www.sardegnaeoportale.it/> <http://www.sardegna territorio.it/geografia/consultacartografia.html>

<http://www.sciencedirect.com>
<http://www.sedhc.es/>
<http://www.wikipedia.org>
<https://gephi.org/>

FONTI DELLE ILLUSTRAZIONI

<http://1.bp.blogspot.com/-LYWPEpz0Gg8/TpwAj4iTD0I/AAAAAAAAAP0M/gK5b3zNGJ6g/-s1600/JULIA%2BINTERIOR.jpg>; <http://4.bp.blogspot.com/-FKAz1DIZkeU/TpwAkWag5MI/AAAAAAAAAP0k/XWaKY1fDogw/s1600/JULIA%2BFA%25C3%2587ANA.jpg>; <http://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Llotja3.jpg>; http://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Montblanc_St_Miquel_Interior.jpg; http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Segovia_-_Catedral,_Capilla_del_Sagrario_06.jpg; http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pfarrkirche_Koenigswiesen_Schlingrippengewoelbe_3.jpg; <http://digilander.libero.it/emcalvino/bombe/cronologia.html>; http://en.wikipedia.org/wiki/File:F%C3%A4cherge%C3%B6lbe_KingsCollege.jpg; http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:P1000705_Paris_IV_Eglise_Saint-Gervais_nef_centrale_reductwk.JPG; <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008aga010;viewid=FCW008AGA010.TIF;quality=0;view=image>; <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008ap0101;viewid=FCW008AP0101.TIF;quality=m800;view=image>; <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008ap0201;viewid=FCW008AP0201.TIF;quality=m800;view=image>; <http://images.library.pitt.edu/cgi-bin/i/image/getimage-idx?cc=chartres;entryid=x-fcw008ap0301;viewid=FCW008AP0301.TIF;quality=2;view=image>; http://it.wikipedia.org/wiki/File:Chiesa_del_carmine_cagliari.JPG; http://it.wikipedia.org/wiki/File:Monastero_di_Jeronimos_-_Lisbona.JPG; http://mcityl.blogspot.it/2010_11_01_archive.html; <http://www.catturalasardegna.it/displayimage.php?album=23&pos=156>; <http://www.gothicmed.es/browsable/images/9d41d8hqje4rvakli2ahigigabnbt4c0.jpg>; <http://www.sangavinomonreale.net/2009/05/04/la-chiesa-di-santa-chiara/>; <http://www.sardegnaigitallibrary.it/index.php?xsl=626&id=7372>; <http://www.sardegnaigitallibrary.it/index.php?xsl=626&id=239339>; <http://www.sardegnaigitallibrary.it/index.php?xsl=626&id=7402>; <http://www.sardegnaigitallibrary.it/index.php?xsl=626&id=7362>; <http://www.sardegnaigitallibrary.it/index.php?xsl=626&id=7452>; <http://www.sardegnaigitallibrary.it/index.php?xsl=626&s=17&v=9&c=4461&id=139085>; <http://www.sardegnaigitallibrary.it/index.php?xsl=626&s=17&v=9&c=4461&id=299579>; <http://www.villanovatulo.net/imm/gallery/chiese.htm>; Viollet-Le-Duc, E.E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe a XVIe siècle*, B. Bance, 1854; Díaz, E. R., Calvo-López, J., *Gothic and renaissance design strategies in stonecutting*, in *Creating Shapes in Civil and Naval Architecture: A Cross-Disciplinary Comparison*, 11, 2009, pp. 167-192; http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cloud_computing.svg