



Università degli Studi di Sassari

DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZA DEI SISTEMI CULTURALI
Culture, Identità Territorio
CICLO XXVIII

Direttore Prof. Massimo Onofri

RAPPRESENTAZIONE DI CARTOGRAFIA
STORICA DELLA CITTA' DI SASSARI IN
AMBIENTE GIS OPEN SOURCE

Dottorando

Dott. Giuseppe Bianco

Tutor

Prof. Gavino Mariotti

A.A. 2016/2017

Sommario

1. PREMESSA.....	4
2. INTRODUZIONE.....	5
3. LE CARTE FONDAMENTALI DELLA SARDEGNA.....	7
4. LA CARTOGRAFIA STORICA DELLA CITTA' DI SASSARI.....	20
4.1. Juan Francisco Carmona.....	23
4.2. Giovanni Massetti Raimondi.....	25
4.3. Giuseppe Cominotti.....	30
4.4. Carlo De Candia.....	34
4.5. Quarto Reggimento Fanteria.....	39
4.6. Ufficio Tecnico Erariale.....	42
4.7 Gustavo Strafforello.....	45
4.8 Sassari 1903.....	47
4.9 Touring Club Italiano.....	49
4.10 Istituto Geografico Militare Italiano.....	51
4.11 USA Army Map Service.....	57
5. Il GIS: funzioni e potenzialità.....	59
5.1 Il GIS della cartografia storica della città di Sassari.....	61
5.1.1 Realizzazione del GIS.....	62
5.1.2 Fasi di realizzazione del GIS.....	63
5.1.2.1.Acquisizione della cartografia storica.....	63
5.1.2.2. Digitalizzazione attraverso scanner.....	63
5.1.2.3. Elaborazione delle immagini.....	64
5.1.2.4 Georeferenziazione.....	66
5.2 Analisi della cartografica storica.....	70

5.3. Misure di confronto tra carte storiche e attuali	78
5.4. Misura dell'espansione urbana della città di Sassari.....	79
6. Conclusioni e sviluppi futuri.....	86
7. APPENDICE.....	88
7.1 Software open source	88
7.2 Software di elaborazione immagini	90
7.3 Software di analisi di carte geografiche storiche.....	91
7.4 Software GIS	93
8. Bibliografia citata e consultata	96
9. Sitografia	100

1. PREMESSA

L'uomo fin dagli albori della sua esistenza ha voluto rappresentare lo spazio geografico nel quale viveva al fine di poter ritrovare i luoghi che per lui avevano un significato importante per la sua esistenza (ad esempio luogo dove poter cacciare o raccogliere frutti della terra). L'esigenza di descrivere le forme del territorio ha portato alla nascita della professione del *cartografo*, una professionalità tecnico-scientifica che si è ben presto costituita e consolidata e che il nostro paese ha, più di tutti gli altri, rappresentato. Infatti la nota enciclopedia online Wikipedia¹ censisce ben 63 cartografi italiani contro i 34 francesi o i 26 tedeschi. La tecnica cartografica ha avuto, da sempre, un grande impulso dalle esigenze militari dei diversi stati. Anche in Italia le due istituzioni storiche cartografiche più evolute sono nate per interesse di governi nazionali come il Regno di Napoli, con l'*Ufficio Topografico del Regno delle due Sicilie* fondato nel 1781, e il *Corpo della Topografia Reale dello Stato Maggiore* del Regno di Sardegna. Questo Corpo nel tempo è divenuto "*Ufficio Tecnico del Real Corpo dello Stato Maggiore*", "*Ufficio Topografico Generale*", "*Ufficio Topografico Militare*". Nel 1872 l'Ufficio Topografico Militare è diventato l'Istituto Geografico Militare con sede a Firenze² e, dal 1960, ente cartografico ufficiale dello Stato Italiano. Non è obiettivo di questo lavoro quello di ripassare la storia e l'evoluzione della tecnica cartografica, con i diversi aspetti collaterali ma altrettanto fondamentali quali la topografia, la geodesia, la grafica ecc..., per cui si rimanda ad testi specialistici, di cui in bibliografica si possono trovare alcuni riferimenti.

¹ <https://it.wikipedia.org/wiki/Categoria:Cartografi>

² Mori Att. *La Cartografia Ufficiale in Italia e l'Istituto Geografico Militare*, Roma, Stab. Polgr. per l'Amm. della guerra, 1922, pp. 111-179.

2. INTRODUZIONE

Scopo del presente lavoro è quello di mettere a punto una metodologia di analisi di cartografie storiche attraverso i moderni strumenti che la tecnica informatica mette a disposizione. A tal fine sono state individuate le principali carte geografiche della città di Sassari che, dopo opportune elaborazioni, sono state inserite in un GIS (Sistema Informativo Geografico) al fine di poterle elaborare, confrontare tra di loro e con la situazione attuale, e infine rappresentarne i risultati. La cartografia utilizzata è quella della città di Sassari attualmente nota non essendo obbiettivo del lavoro quelle di condurre apposite ricerche presso archivi storici alla ricerca di eventuali carte non ancora pubblicate. Sono state utilizzate sia *carte rilevate*, cioè quelle che nascono dalla esecuzione di misure e rilievi sul terreno da parte dei topografi (Fig.1), sia *carte derivate* che hanno origine da carte rilevate attraverso una serie di lavori a tavolino eseguiti dai cartografi³.

Per *cartografia storica* si è voluto intendere quella che è stata rilevata con strumenti topografici elementari, e prima dell'avvento della tecnica aerofotogrammetrica⁴.



Fig. 1 rilievo per la realizzazione di una carta prima dell'avvento della fotogrammetria (da Testi E., *Come nasce una carta*, IGM 1970.)

Altro obiettivo della ricerca è quello di valutare l'utilizzabilità di software "open source" per tutte le fasi del lavoro, tranne che per gli usuali strumenti

³ Testi E., *Come nasce una carta*, IGM 1970;

⁴ Fotogrammetria: è una tecnica di rilievo che permette di acquisire dei dati metrici di un oggetto (forma e posizione) tramite l'acquisizione e l'analisi di una coppia di fotogrammi stereometrici

informatici di office automation. La scelta di software open source è stata dettata quasi esclusivamente da motivazioni di ordine economico, nel senso che studi con l'utilizzo della cartografia storica avvengono principalmente in ambito accademico che, come purtroppo è ben noto, dispone di risorse sempre molto limitate.

Prima di addentrarsi nella realizzazione del GIS vero e proprio, vengono presentate quelle che, a giudizio dell'autore, sono le carte fondamentali che rappresentano la Sardegna.

3. LE CARTE FONDAMENTALI DELLA SARDEGNA

La Sardegna vanta una storia della propria rappresentazione cartografica numerosa e molto antica. Infatti la rappresentazione più remota viene considerata⁵ la “*Tabula sete de Europa*” della “*Geografia*” di Claudio Tolomeo⁶ conservata nella *Biblioteca Apostolica Vaticana* (Fig. 2), Codice Urbinato greco 82, pubblicata nell’XI secolo. Questa raffigurazione tolemaica, di gran lunga la più autorevole tra i codici greci finora conosciuti, si trova tra le pp. 72v e 73r ed è appartenuta a Giudobaldo da Urbino. Il cimelio cartografico, dipinto a colori su pergamena (cm. 34,5 x 28) ha il titolo della carta “*Sardo insula*” posto al centro. Vengono riportate complessivamente 12 città, 3 fortezze, e centri abitati in rovina e una “colonia”. Sono inoltre rappresentati 5 corsi d’acqua (Temo, Tirso, Fiume Sacro-Fluminimammu, Flumendosa e Cedrino), 8 promontori costieri, 3 porti, 10 nomi di popolazioni, 9 isole minori, 3 terme (Sardara, Fordongianus e Benetutti). E disegnato al centro dell’Isola un unico massiccio montuoso, denominato “*Monti Insani*” o “*Menomeni*” identificato nel tempo da Alberto Della Marmora come il massiccio del Montiferru, da Ettore Pais come la “catena” del Limbara, da Bacchisio Raimondo Motzo come il massiccio del Gennargentu e da Machael Gras come i “monti di Baunei”⁷. Da allora si sono succedute tantissime carte distribuite un po’ in tutti i secoli, più o meno originali, anche se con continui reminiscenze della carta tolemaica⁸.

⁵ Piloni L., *Carte geografiche della Sardegna*, Edizione della Torre, Cagliari 1997, tav. I;

⁶ Claudio Tolomeo, Pelusio, 100 circa – Alessandria d’Egitto, 175 circa (Tolemaide, Cirenaica, Libia) è considerato il più celebre matematico, astronomo e cartografo dell’antichità, che ha ipotizzato il sistema geocentrico modello astronomico che pone la Terra al centro dell’Universo, mentre tutti gli altri corpi celesti ruoterebbero attorno ad essa.

⁷ Sechi Nuvole M., *La localizzazione del “Insani Montes”(Sardegna) nella tradizione mitografica e nella cartografia antica*. Boll. Ass. It. Cartografia, n° 120 , 2004, pp. 5-42.

⁸ Piloni L., *Carte geografiche della Sardegna*, cit., tav.I;

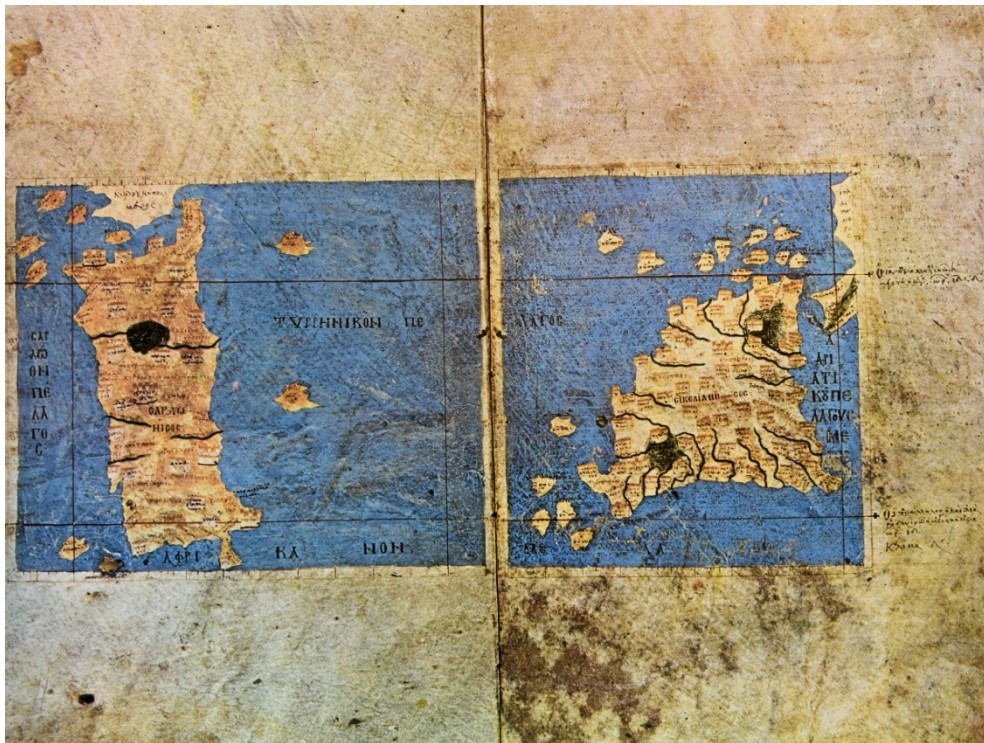


Fig. 2. Sardegna a sinistra e Sicilia a destra

La seconda rappresentazione cartografica della Sardegna da ricordare in questa brevissima carrellata è quella del cagliaritano Sigismondo Arquer⁹. Questa carta (Fig. 3) fu pubblicata sulla *Cosmographia Universalis*¹⁰ di Sebastian Munster¹¹ dalla seconda edizione del 1550¹². Questa carta con la sua forma allungata, si ispira a quella tolemaica, ma presenta degli elementi originali: i golfi di Oristano e Alghero, l'esatta posizione di quello di Cagliari orientato a sud, un numero elevato di centri urbani e, per la prima

⁹ Sigismondo Arquer (Cagliari, 1530 – Toledo, 4 giugno 1571) è stato un giurista e letterato sardo, giustiziato sul rogo per eresia nel 1571, inquanto, un pretesto, seguace del Munster.

¹⁰ La *Cosmographia universalis* di Sebastian Münster, pubblicata in più edizioni a partire dal 1544, è la prima descrizione del mondo in lingua tedesca. La *Cosmographia universalis* fu uno dei libri più popolari e di successo del XVI secolo, che vide ben 24 edizioni in 100 anni.

¹¹ Sebastian Münster (Ingelheim, 20 gennaio 1488 – Basilea, 26 maggio 1552) è stato un cartografo e cosmografo tedesco. Frate Minore francescano aderì al Luteranesimo.

¹² Terrosu Asole A., *Catalogo ragionato delle carte geografiche della Sardegna esistenti nella biblioteca comunale di Cagliari*, Studi Sardi, Sassari 1955-57 parte II, p. 284-332.

volta, ne compaiono 17 nuovi in quanto mai citati prima (Tempio, Martis, Macomer, Laconi, Milis, ecc...), mentre i fiumi sono gli stessi di Tolomeo. L'orografia invece è alquanto vaga ed errata, evidentemente nell'idea dell'Arquer doveva avere un valore puramente indicativo. Per la prima volta compare la suddivisione dell'isola nelle due sub-regioni di *Caput Lugudori* e *Caput Calaris*¹³. E' interessante far notare che nel *Caput Lugudori*, tra i diversi luoghi compare la area della *Turritania* con la città di Sassari. Questa città è decisamente più piccola di Cagliari, che si merita una apposita carta (Fig. 4) in quanto è considerata la capitale della Sardegna, ma è cinta da mura con torri (come tutte le città costiere) e ha una chiesa importante, la Cattedrale di San Nicola. La presenza di mura denota l'importanza che la città rivestiva all'epoca.

¹³ Piloni L., *Carte geografiche della Sardegna*, cit., tav. XXII

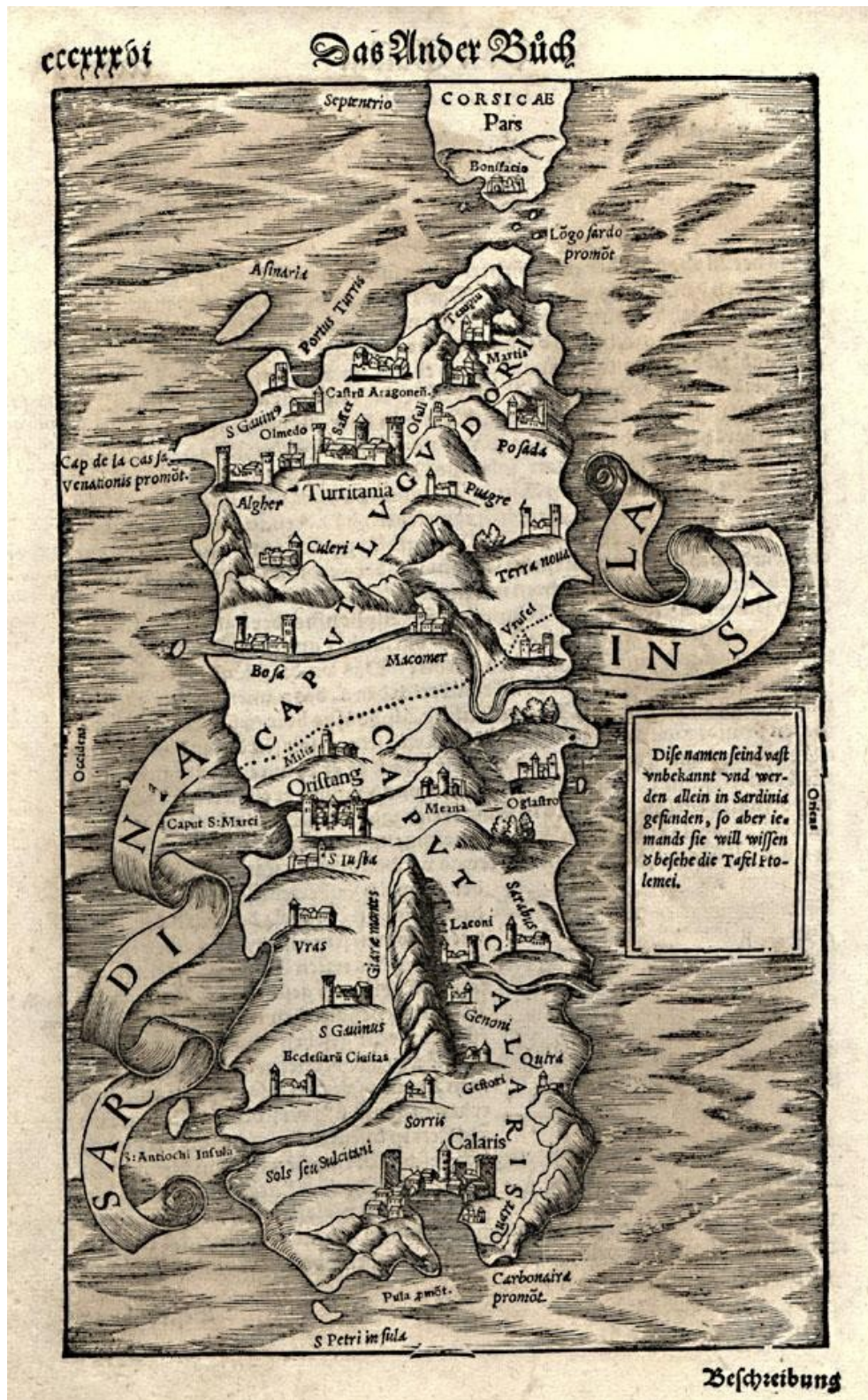


Fig. 3 S. Arquer, Sardegna 1550



Fig. 4 S. Arquer, Cagliari 1550

Altra figura importante in questo elenco di eminenti cartografi della Sardegna è quella di Tommaso Alessandro Napoli¹⁴ e la sua carta dell'isola del 1808 (Fig. 5), pubblicata nel 1811. In questa carta il perimetro costiero è ben delineato, i rilievi, anche se senza notazione delle quote, sono disegnati correttamente ricorrendo alla tecnica “alla cavaliera”¹⁵ e anche le pianure

¹⁴ Tommaso Napoli, padre scolio (Tunisi, 20 gennaio 1743 – Cagliari, 20 gennaio 1825), è stato uno storico italiano.

¹⁵ L'assonometria cavaliera, (attribuita a Bonaventura Cavalieri, Milano 1598–Bologna 1647), è un tipo di assonometria obliqua in cui uno dei tre piani del sistema di riferimento è parallelo al piano di proiezione (detto anche quadro).

sono delineate con precisione (il Campidano, la piana di Ozieri e di Ottana e altre pianure minori).

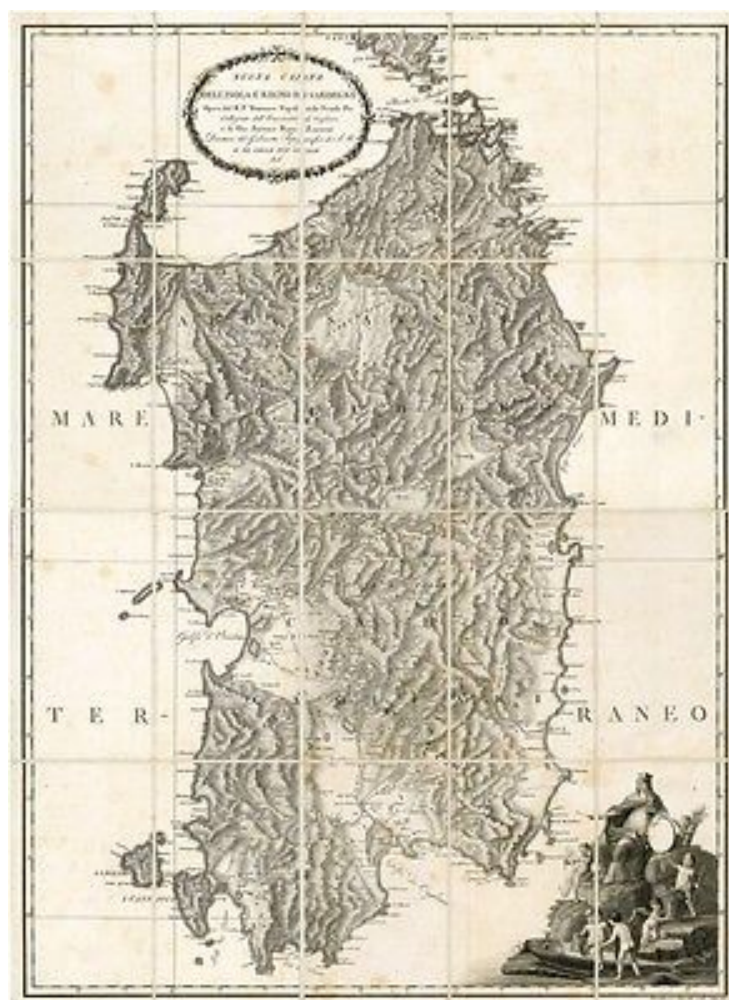


Fig. 5 T. Napoli, Sardegna 1808

Le diverse città e paesi sono indicate con la grafia corretta e, in base alla loro importanza, vengono indicate con un campanile e una o più casette. Le sole città di Cagliari, Sassari, Alghero e Castelsardo vengono indicate cinte da mura. Purtroppo questa carta manca di qualsiasi riferimento matematico-astronomico e del tipo di proiezione adottato¹⁶.

La carta di Tommaso Napoli è stata utilizzata come base per il suo lavoro da Alberto Ferrero Della Marmora il grande cartografo e “scopritore” della

¹⁶ Piloni L., *Carte geografiche della Sardegna*, cit., tav. XCIV;

Sardegna. Della Marmora (Fig. 6), nato a Torino il 7 aprile 1789 e li deceduto il 18 maggio 1863, fu generale, naturalista, cartografo e politico¹⁷. Ha soggiornato a lungo in Sardegna studiandola in tutti i suoi aspetti, ma specialmente da un punto di vista geologico. Il suo lavoro è stato raccolto e pubblicato nella sua opera *Voyage en Sardaigne*, pubblicato a Parigi nel 1826. Una seconda edizione più organica della prima, suddivisa in 4 volumi tematici¹⁸ venne pubblicata tra il 1839 e il 1857, con allegato un *Atlante* di 19 tavole contenente la descrizione geologica e paleontologica della Sardegna.

Alberto Della Marmora deve essere ricordato per la sua fondamentale cartografia della Sardegna (in Fig. 7 il titolo della carta) in scala 1:250000 che venne fatta incidere a proprie spese a Parigi nel 1845, e poi ripubblicata nel 1884 con il titolo *Atlante dell'isola di Sardegna* in scala 1:50000, di cui una copia a colori è conservata presso l'IGM e presso alcune collezioni private.

Questa carta è di fondamentale importanza nella rappresentazione cartografica della Sardegna perché è la prima che è stata redatta con criteri scientifici utilizzando i principi della geodetica¹⁹

¹⁷ Laureti L., *Considerazioni sugli aspetti della cartografia topografica italiana pre-unitaria*, 15° Conferenza ASITA, Reggia di Colorno, 15 - 18 novembre 2011;
Sechi Nuvole M., *Alberto della Marmora e Carlo De Candia cartografi pre-unitari della Sardegna*, Bollettino A.I.C. nr. 143/2011.
Sechi Nuvole M., *Riordinamento del tributo fondiario prediale: il contributo di Alberto Ferrero della Marmora e di Carlo De Candia alla cartografia geodetica di Alghero (Prov. Di Sassari) e della Sardegna*, Espacio y Tiempo, Revista de Ciencias Humanas, nr. 24-2010.

¹⁸ Vol. I “*Statistica propriamente detta*” comprendente un compendio di Storia della Sardegna antica e moderna, la descrizione fisica del territorio e la “situazione” antropica ed economica. Vol. II “*Antichità*” comprendente una dettagliata analisi delle antichità sarde con disegni. Vol. III e vol. IV “*Descrizione geologica*” e paleontologica dell’Isola con il catalogo di tutte le rocce presenti nelle collezioni dei musei di Torino e di Cagliari.

¹⁹ Un sistema/rete geodetico rappresenta un sistema di riferimento necessario per operazioni di rilevamento, finalizzate alla rappresentazione grafica e numerica di un'area di interesse, più o meno ampia, nello spazio a due o tre dimensioni. La realizzazione di una rete geodetica può essere effettuata con i seguenti metodi:

1. metodo della *triangolazione* che prevede misure di angoli;
2. metodo della *trilaterazione* che utilizza misure di lati;



3. metodo misto di *triangolazione-trilaterazione* che impiega sia misure angolari e sia di lati.

Il sistema della triangolazione è quello fu utilizzato per la prima volta in Sardegna da Alberto Della Marmora. Questo metodo fu ideato dal geodeta olandese W. Snellius nel 1617 per misurare la lunghezza di un arco di meridiano e le coordinate dei punti posizionati.

Fig. 6 Alberto Della Marmora, ritratto da Giuseppe Cominotti con i "ferri" del mestiere di cartografo, naturalista, geologo ecc...

Infatti Della Marmora fece la prima triangolazione geodetica principale della Sardegna, appoggiata a due basi appositamente misurate a Cagliari e a Oristano e collegando l'Isola all'Italia attraverso la Corsica, utilizzando la stazione astronomica di Bonifacio per l'orientamento. La rete di triangolazioni venne ultimata nel 1838 (Fig. 8).

I rilievi sono stati rappresentati *a sfumo* (alla cavaliera)²⁰ (Fig. 9), benché la tecnica delle isoipse²¹ fosse già consolidata e utilizzata. Le quote dei rilievi, per un totale di 224 misure, furono misurate con il metodo barometrico, abbastanza impreciso ma di facile uso. Alberto Della Marmora ha misurato la cima più alta della Sardegna, sul Gennargentu, che porta il suo nome (Punta La Marmora - 1.834 metri). La topografia venne generalmente desunta da panorami rilevati e disegnati da ciascuna stazione geodetica, mediante giro d'orizzonte con tavoletta pretoriana (Fig. 10)²² e teodolite²³.

La carta di Alberto Della Marmora è rimasta fino ai primi anni del XX secolo la più precisa.

²⁰ cfr nota 15

²¹ Isoipsa, più comunemente note come "curva di livello" è una linea che congiunge sulle carte geografiche tutti i punti della superficie terrestre che hanno uguale altitudine sul livello del mare.

²² la tavoletta pretoriana è uno strumento utilizzato per il rilievo in dettaglio dal 1590 fino a dopo la metà del Novecento. Era costituito da una tavoletta in legno con sopra un apposito foglio da disegno sul quale si tracciavano direttamente le linee che venivano traggurate attraverso un'alidada con traguardi. In alcuni strumenti era presente un cannocchiale distanziometrico, in genere un piccolo tacheometro. Il foglio veniva orientato mediante una bussola. Le carte in scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare sono anche note col nome di "Tavolette" perché vennero originariamente costruite tramite l'uso del suddetto strumento. L'introduzione della tavoletta pretoriana in Italia si deve all'udinese Giovanni Giacomo Marinoni (1676-1755), valente figura di tecnico e scienziato, adottata per la prima volta nelle operazioni del catasto milanese del 1720, da lui organizzate e dirette.

²³ Il teodolite è uno strumento ottico a cannocchiale per la misurazione degli angoli azimutali (cioè contenuti in un piano orizzontale) e zenitali (cioè contenuti in un piano verticale), usato per rilievi geodetici e topografici

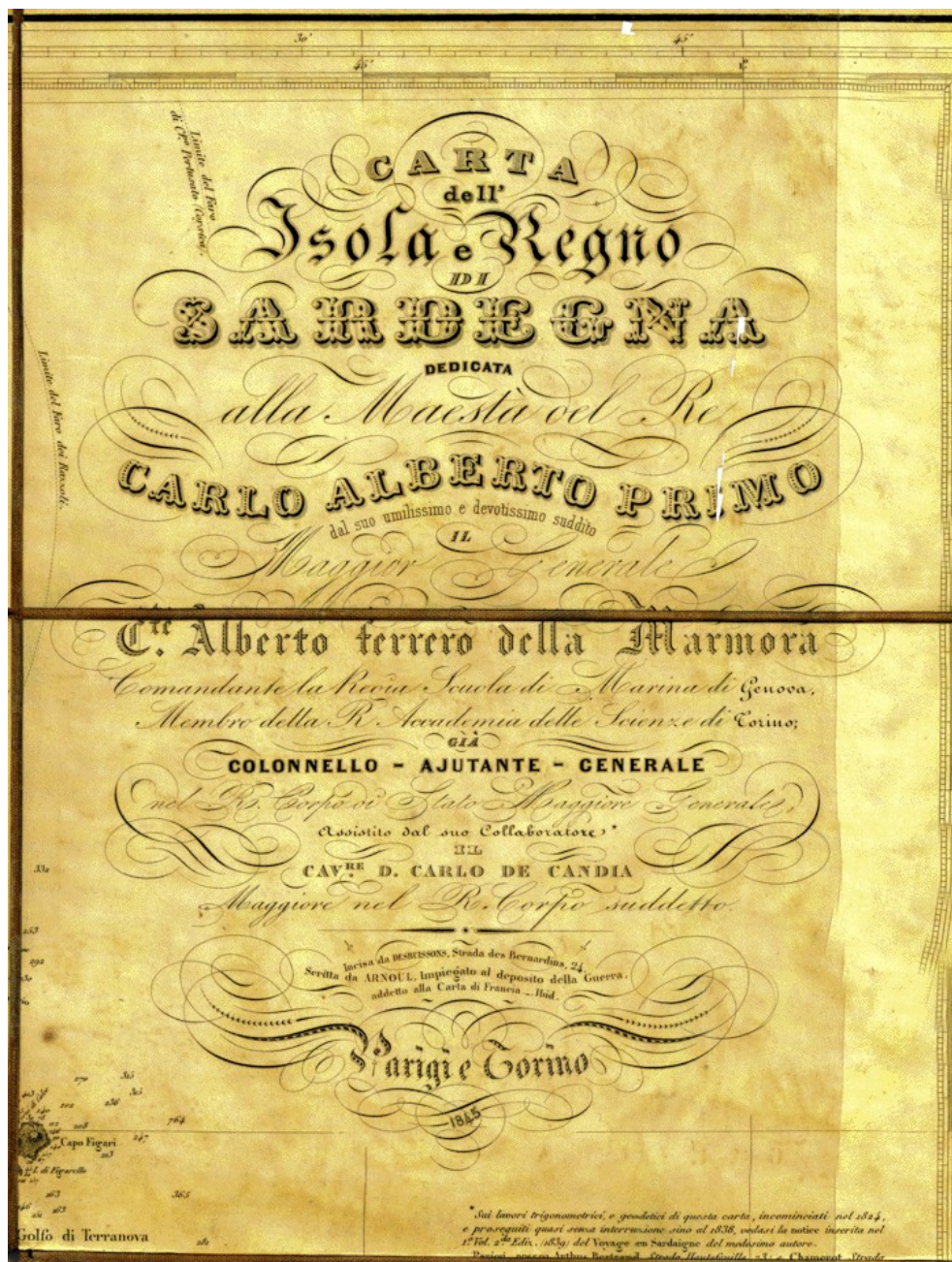


Fig. 7 “ Carta dell’Isola e Regno di Sardegna dedicata alla Maestà del Re Carlo Alberto Primo, dal suo umilissimo e devotissimo suddito il Maggiore Generale C.te Alberto ferrero della Marmora ecc...”

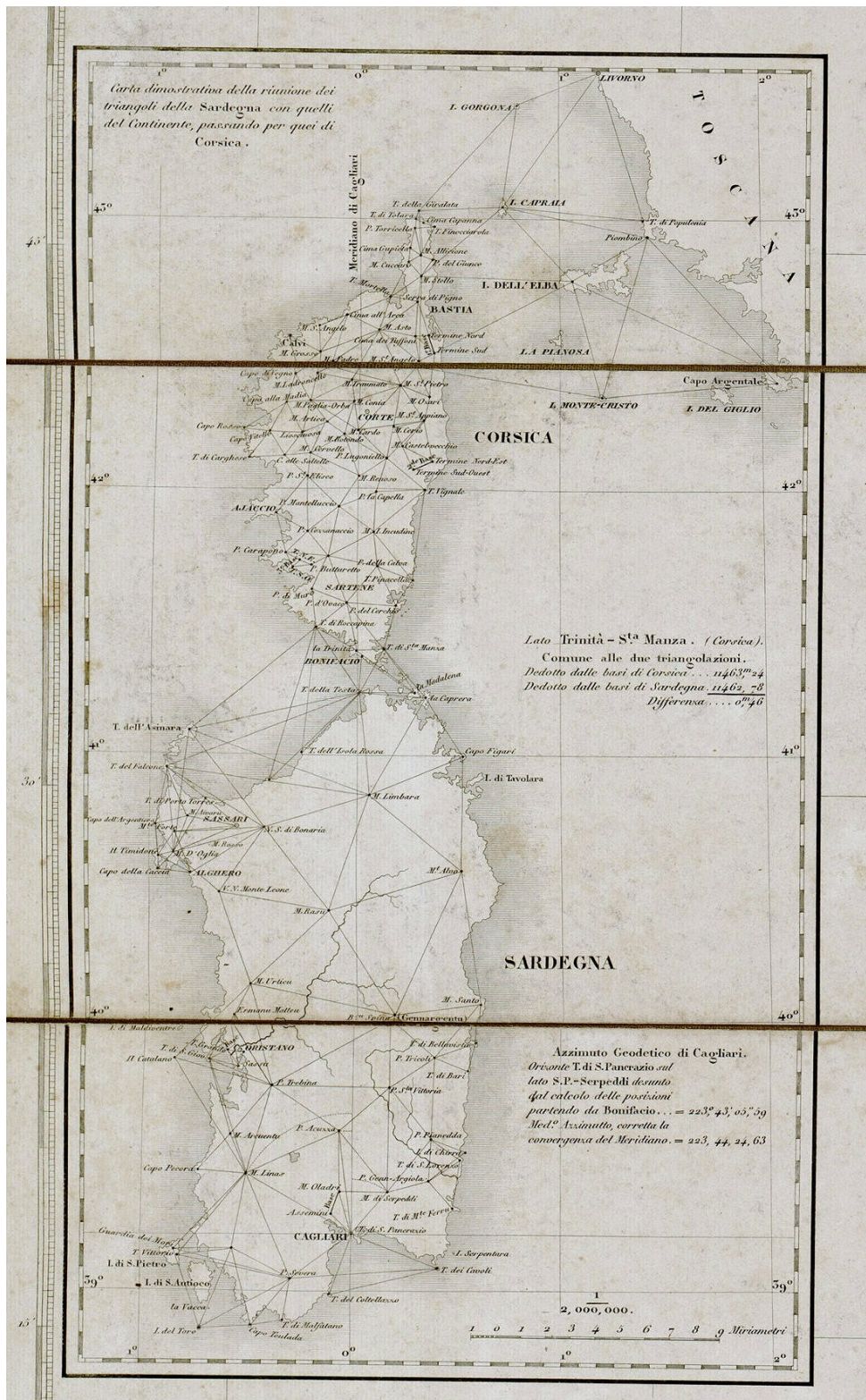


Fig. 8 “Carta dimostrativa della riunione dei triangoli della Sardegna con quelli del Continente, passando per quei di Corsica”

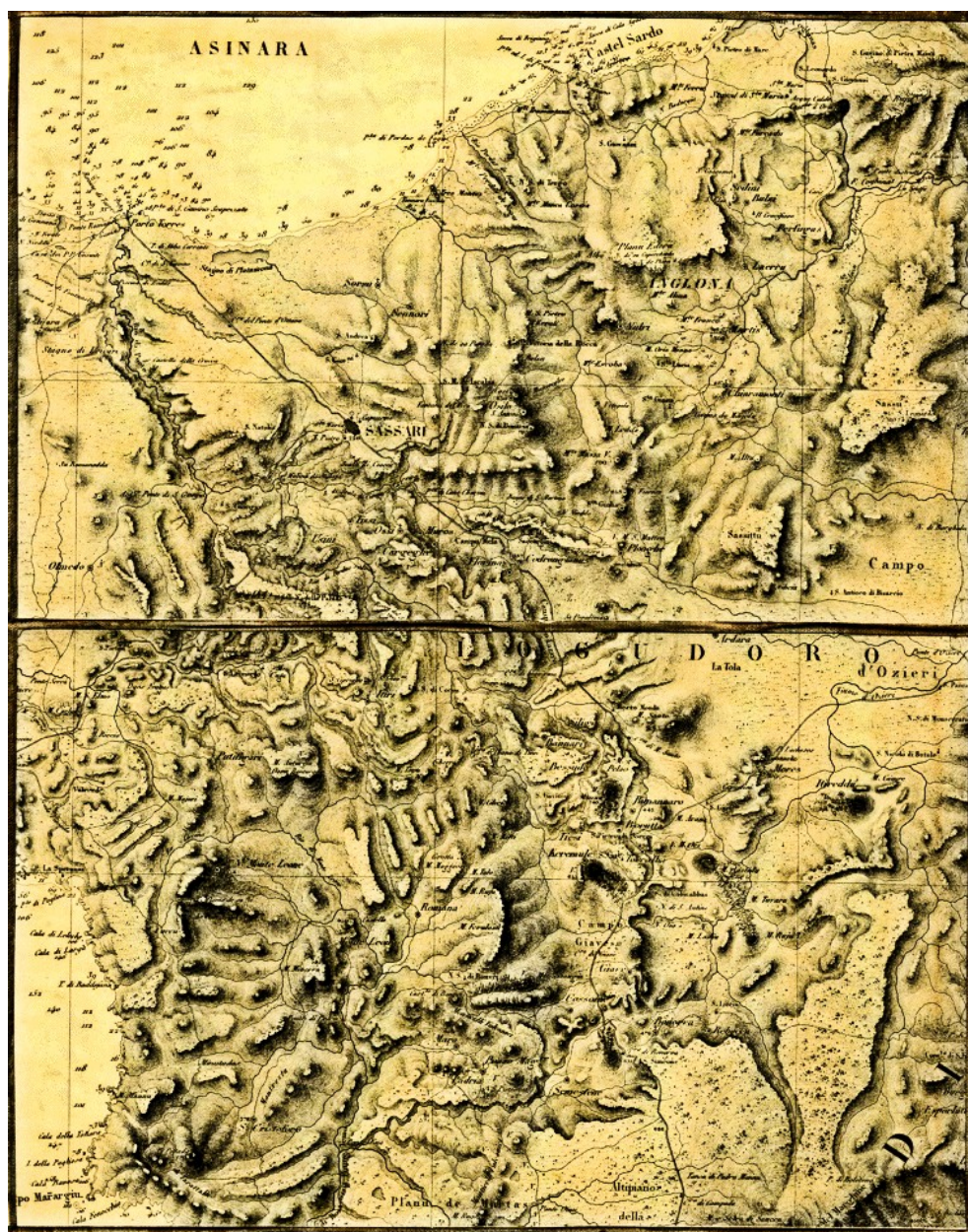


Fig. 9 esempio di rappresentazione dell'orografia attraverso la rappresentazione dei rilievi alla cavalliera.



Fig. 10 Rilievo con la tavoletta pretoriana

4. LA CARTOGRAFIA STORICA DELLA CITTA' DI SASSARI

La città di Sassari, al contrario di quella di Cagliari o di Alghero (altra città di grande interesse strategico-militare) è stata rappresentata cartograficamente in epoca abbastanza recente (inizio del XIX secolo). Questo fatto è da ricercare, a parere dello scrivente, per le stesse motivazione, ma al contrario, di quelle della città di Cagliari: lo scarso peso economico, militare e politico che la città di Sassari ha ricoperto nel corso dei secoli per le diverse potenze che hanno dominato la città.

Al fine di individuare le carte da utilizzare per la costituzione del GIS, è stato eseguito un censimento delle carte note della città, redigendo alcune note illustrative per meglio inquadrarne il contesto che ha portato alla loro redazione. Purtroppo, come spesso accadeva, le carte “originali”, cioè frutto di un apposito rilievo “dal vero” più o meno speditivo, sono ancora di meno e tante carte, di seguito anche queste presentate, sono derivazioni, più o meno rielaborate, di carte precedenti.

Di seguito, prima dell'illustrazione singola di ogni carta, si sono costituiti, per quanto possibile, i metadati²⁴

²⁴ I *metadati* sono una documentazione dei dati principalmente destinata a fornire informazioni utili ad un utente per comprendere, confrontare, scambiare il contenuto dei dati descritti

anno della carta	codifica	autore	scala	Soggetto Prodotto	Sistema di Riferimento	Acquisizione presso	Note	Fig
1631		Juan Francisco Carmona				Biblioteca universitaria Cagliari		11
1806		Giovanni Raimondi Masetti				Archivio di Stato di Torino		12
1832		Giuseppe Cominotti				Biblioteca comunale di Sassari		14
1847	F. 61	Carlo de Candia	1:5000	Real Corpo di Stato Maggiore e Generale		Archivio di Stato di Sassari		16
1847	F. 74	Carlo de Candia	1:5000	Real Corpo di Stato Maggiore e Generale		Archivio di Stato di Sassari		17
1857		Luogotenente Luigi Fezzi	1:10000	Quarto Reggimento Fanteria		Istituto Geografico Militare		19
1857			1:2500	Quarto Reggimento Fanteria		Istituto Geografico Militare	datazione e attribuzione incerta	20
1857			1:5000	Quarto Reggimento Fanteria		Istituto Geografico Militare		25
1876	F. I e II	Catasto	1:1000	Ufficio Tecnico Erariale		Archivio di Stato di Sassari		22, 23
1895	F. 180 III.S. O.	Cap. Pinna, Ten. Holz, Corà, Bontempi	1:25000	Istituto Geografico Militare	Gauss-Boaga	Istituto Geografico Militare		27
1895		Gustavo Strafforello	1:4000			Collezione privata	Publicato su: Geografia dell'Italia: Sardegna	24

1903						Biblioteca Comunale di Sassari		
1918		uff. cartografi co TCI, Capo Cartograf o P. Corbellini	1:1300 0	Touring Club Italiano		Collezion e Privata		26
1931	F. 180 III.S. O		1:2500 0	Istituto Geografi co Militare	Gauss Boaga	Istituto Geografic o Militare	Aggiornamen to delle carta del 1895	28
1943	F. 180 III.S. O	S.Ten Boretti	1:2500 0	Istituto Geografi co Militare	Gauss.B oaga	Istituto Geografic o Militare	Aggiornamen to delle carta del 1895	31
1943				USA Army Map Service		Internet	Sulla base della carta IGM del 1931	31
1958	F. 180 III.S. O		1:2500 0	Istituto Geografi co Militare	Gauss- Boaga	Istituto Geografic o Militare	Prima carta realizzata con il metodo fotogrammetr ico	30

4. 1. Juan Francisco Carmona

La prima rappresentazione della città di Sassari di cui si ha notizia è quella disegnata da Juan Francisco Carmona (1610-1670), carta che ha valore più in relazione alla scarsità di altre fonti iconografiche che per meriti intrinseci²⁵. Del Carmona si hanno pochissime notizie ad eccezione del fatto che si definisse un “dottore/giurista, cagliaritano”, vissuto tra il 1610 e il 1670. Sono note due opere: 1. *Alabanças de los Santos de Sardegna por el doctor Juan Francisco Carmona, sardo calaritano, compuestas y ofresidas Ó honrra y gloria de dios y de sus santos*, all'interno della quale è presente la *Passione de Christo nuestro Segnor*, scritta in castigliano, messa in scena a Cagliari nel 1629 presso la Chiesa di San Saturnino; 2. *Alabança de San George obispu suelense*, scritta in sardo e castigliano.

La carta (Fig. 11), disegnata nel 1631, non è una carta planimetrica nel senso proprio del termine, ma una sorta di schizzo prospettico a *volo d'uccello* con vista da nord verso sud, ed è allegata al *Alabanças de los Santos de Sardegna*. Infatti in primo piano, alla base del foglio, si vede il golfo dell'Asinara con la città di Porto Torres, dove son rappresentate la basilica di San Gavino e la torre a difesa del porto. Procedendo verso sud si presenta la città di Sassari. La città è rappresentata compatta, non si evidenzia di reticolo stradale, a causa della prospettiva, completamente cinta dalle mura, con tre porte evidenti: quello di Rosello, di Sant'Antonio e d'Utzeri. All'estremità sud della città (e quindi nella parte alta del foglio) si può osservare il castello aragonese con quattro torri. Al di fuori delle mura vengono rappresentate le chiese di Santa Maria di Betlem e di Sant'Antonio, oltre alla fontana del Rosello. Tutto l'agro tra Sassari e Porto Torres è costellato, con una accezione moderna del termine, da diverse case rurali, e il territorio sembra ben coltivato. Questi due elementi, diffusione della case e coltivazioni, caratterizzano l'agro di Sassari ancora oggi.

²⁵ Principe I., *Le città nella storia d'Italia: Sassari, Alghero*, Ed. Laterza Bari 1983



Fig. 11 Juan Francisco Carmona, 1631 (Bibl. Univ. Cagliari) Disegno acquerellato a seppia

4.2. Giovanni Massetti Raimondi

Questa pianta di Sassari è la più antica finora conosciuta e il suo autore, Giovanni Massetti Raimondi di Bologna, pare non fosse un cartografo di professione, in quanto si presenta come “Primo violino di Sassari”.

La carta (Fig. 12), con la data del 20 aprile 1806 e le iniziali dell'autore in alto e, a destra, la dedica “A S.M. Vittorio Emanuele I Re di Sardegna”, contiene in calce un'interessante annotazione sulle origini e le vicende di questo documento cartografico, che tracciato nel 1799 e presentato il 10 gennaio 1800 al Principe Placido Benedetto di Savoia (Conte di Moriana), fu ridisegnata nel 1806 e offerta al Re di Sardegna. Infatti contiene in calce un'interessante annotazione sulle origini e le vicende di questo documento cartografico:

“ Semplice delineamento esterno della città di Sassari, bramato da S.A.R. il Principe di Savoia, Duca di Monferrato, li 15 agosto 1799, presentato da me a S.A.R. il Principe Placido Benedetto di Savoia, Conte do Moriana 10 gennaio 1800. Rifatta, corretta e presentata a S.M. Vittorio Emanuele I, Re di Sardegna ”

L'interesse della carta è accresciuto dall'esatto rilievo delle mura che erano ancora intatte alla data del disegno, oltre alla ricchezza dei luoghi citati: le porte, le piazze, i principali edifici e le chiese.

La carta non è una restituzione geometrica, ma sembra sia stata disegnata “a mano libera”. Infatti Giovanni Massetti Raimondi presentandosi come “primo violino” non è, parrebbe, un topografo di professione come il De Candia.

Enrico Costanella sua Storia di Sassari cita il Massetti, ma come musicista “*primo violino della Cappella Musicale*”²⁶. Il 18 luglio 1818 presenta una supplica al Capitolo che gli accorda in certificato di *buon servito* con il

²⁶ Costa E., *Sassari*, Ed. Gallizzi 1992;

permesso di dimettersi per imbarcarsi per la penisola. Il Masetti era amico di Luigi Galassi, anche lui musicista, ma forse anche pittore, perché gli viene attribuito il quadro su "La decollazione di san Gavino" conservato a Porto Torres²⁷.

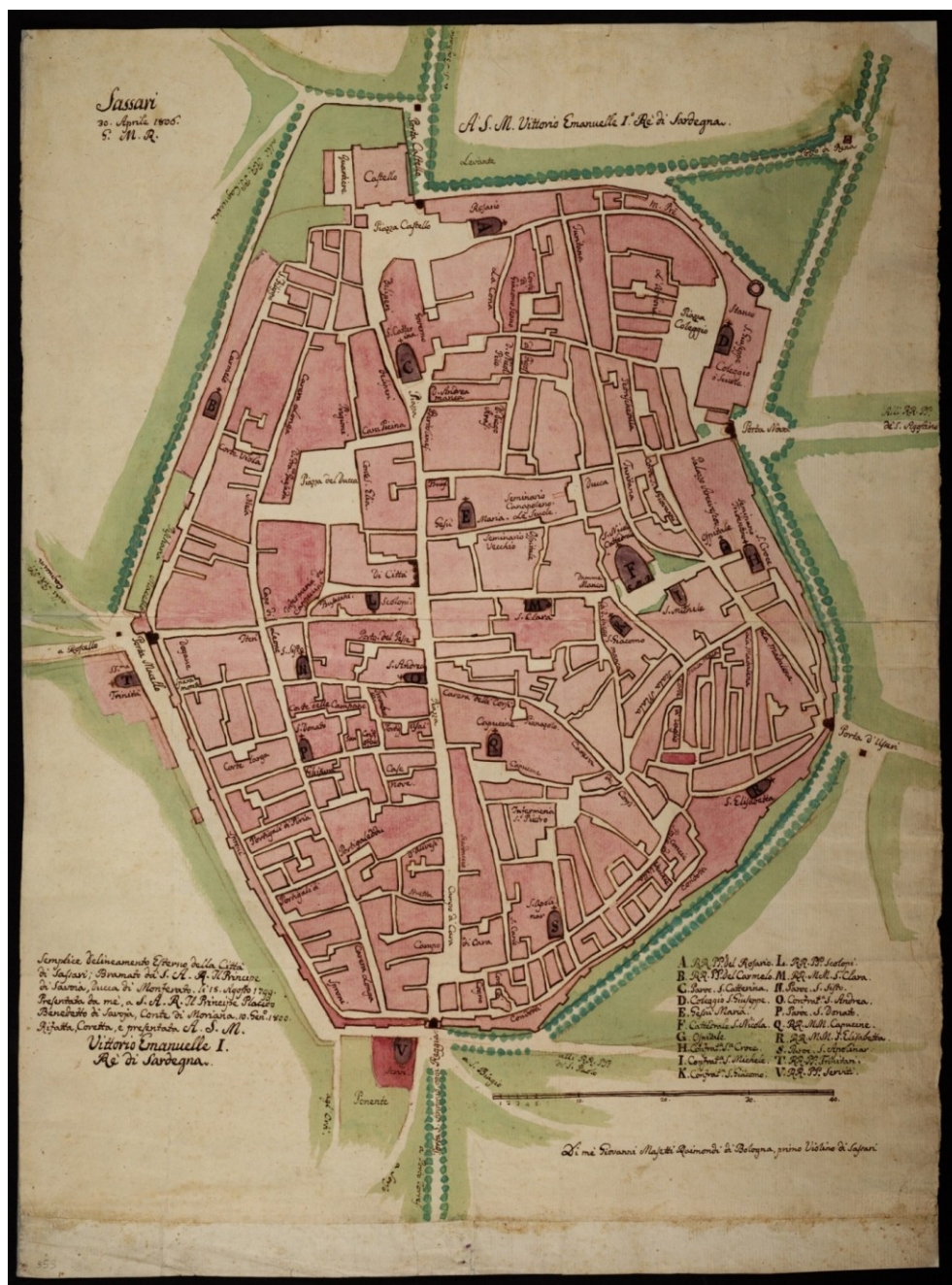


Fig. 12 Giovanni Masetti Raimondi, 1806, Torino Archivio di Stato, Sez. I, 3.C.1.

²⁷ <http://www.portotorresnotizie.net/focus/storia/47/la-decollazione-di-san-gavino-lignoto-autore-del-quadro-ha-ora-un-nome>

La carta di Massetti, come alcune altre di seguito, è stata analizzata con il software MapAnalyst²⁸ al fine di valutare le eventuali distorsioni geometriche dovute ai criteri di realizzazione dell'epoca. Infatti la carta è stata disegnata senza ricorrere ad alcun metodo geodetico perché, nel 1806, non erano ancora utilizzati²⁹, anche se era ormai d'uso comune sia l'orientamento verso il nord magnetico con la bussola e la tavoletta pretoriana³⁰. Malgrado ciò, come si può notare nelle successive Fig. 13a e 13b il risultato finale è molto buono. Infatti la griglia di distorsione³¹ che illustra la precisione geometrica utilizzando coppie di punti di controllo della carta originale su una nuova mappa di riferimento di cui sono note le coordinate topografiche appare molto regolare, anche se la carta non è orientata verso il nord magnetico, con conseguenti problemi nella successiva georeferenziazione.

Questa analisi evidenzia una deviazione standard di variabile tra $\pm 16 - 22$ metri (a seconda il metodo di controllo adottato) che porta ad un errore nel posizionamento di ± 23 metri.

²⁸ per la descrizione del software vedi appendice

²⁹ per i principi del metodo geodetico vedi la nota 6

³⁰ cfr nota 14.

³¹ la griglia di distorsione mostra la deformazione e l'angolo di rotazione della mappa. Se la carta storica è orientata verso il Polo Nord geometrico, la maglia appare regolare e non rotata.



Fig. 13a Griglia corretta Analisi geometrica della carta Masetti con software MapAnalyst



Fig. 13b Analisi geometrica della carta Masetti con software MapAnalyst

4.3. Giuseppe Cominotti

E' stato un architetto, funzionario di Ponti e Strade del Regno di Sardegna, disegnatore, topografo e acquerellista italiano esponente del Neoclassicismo. Nato a Cuneo il 12 settembre 1792 e deceduto a Torino il 18 febbraio 1833. Fu trasferito in Sardegna nel maggio del 1823, dopo aver lavorato molti anni a Torino nello studio del famoso architetto idraulico Ignazio Maria Michelotti³², con l'incarico di disegnatore per l'azienda *Ponti e strade*, lavorò a Sassari, Porto Torres, Ozieri, Sorso, Nuoro, Solarussa, Oristano, Cagliari e nuovamente a Torino.

La sua attività architettonico-urbanistica si estese a tutta la Sardegna realizzando numerose opere, fra le quali ricordiamo quelle realizzate a Sassari:

- Teatro Civico di Sassari del 1826-1828, (progetto esecutivo e direzione dei lavori);
- Progetto delle carceri di Sassari presumibilmente fra il 1827 e il 1829;
- Aula magna della Regia Università di Sassari del 1828, (progetto esecutivo e direzione dei lavori);
- Palazzo del Marchese di S. Sebastiano a Sassari presumibilmente fra il 1828 e il 1829, (progetto di massima);
- Nuova ala del Seminario Tridentino di Sassari del 1828, (progetto esecutivo e direzione dei lavori);
- Progetto dell'espansione di Sassari verso mezzogiorno fra porta Castello e porta nuova del 12 agosto 1829, (progetto di massima, in seguito modificato dall'ingegnere Enrico Marchesi il 31 maggio 1837 e approvato da Carlo Alberto il 9 dicembre dello stesso anno);
- Progetto di massima delle fognature nell'ottobre del 1829.

Come acquerellista e illustratore, nel 1824 Alberto Della Marmora lo

³²Ignazio Maria Michelotti Torino, 22 gennaio 1764 – 11 marzo 1846, fu professore straordinario di matematica presso la Regia Università (1795), direttore dei fiumi e ispettore superiore dei canali nazionali come idraulico nazionale.

incaricò di illustrare alcune tavole dell'*Atlante* del suo *Voyage en Sardaigne* (Fig. 6). Fra il 1823 ed il 1824 dipinse 12 acquerelli (*Indice de' Costumi e vedute Sassaresi disegnati dal vero negli anni 1823-1824*) e tre vedute, di cui due ritraevano Sassari da Levante e Ponente, mentre è del 1825 un piccolo acquarello raffigurante Porta Nuova. Sono del periodo 1825-1826 trenta tavole disegnate *dal vero* sugli usi e costumi della Sardegna, in particolare su Sassari e dintorni³³.

Nel febbraio del 1832, per motivi di salute, chiese ed ottenne di essere rimpatriato. Partì dalla Sardegna nel mese di maggio alla volta di Cuneo. Nel giugno si trasferì a Torino, dove divenne assistente del 1° Architetto di S.M. Carlo Bernardo Mosca. Morì improvvisamente a Torino il 18 febbraio 1833 a causa di un colpo apoplettico.

La *Pianta della città di Sassari col disegno de' suoi principali edifizj* (Fig. 14) è datata probabilmente nel 1832, ed è stata incisa in rame su doppio foglio, delle dimensioni di cm 56,5 x 40, dal famoso incisore Stanislao Stucchi di Torino.

Anche in questo caso è stata eseguita l'analisi con il software MapAnalyst³⁴ (Fig. 15). La carta presenta una griglia di distorsione molto più regolare rispetto la carta del Massetti, segno evidente che il Cominotti era un professionista che utilizzava con dimestichezza gli strumenti del rilievo architettonico-urbanistico e del disegno. Anche questa carta non è orientata verso nord, aspetto che, similmente a quella del Massetti, presenterà problemi nella successiva georeferenziazione.

³³ Alziator F., *La raccolta Cominotti*, De Luca Editore, 1963.

³⁴ vedi precedente nota 17.

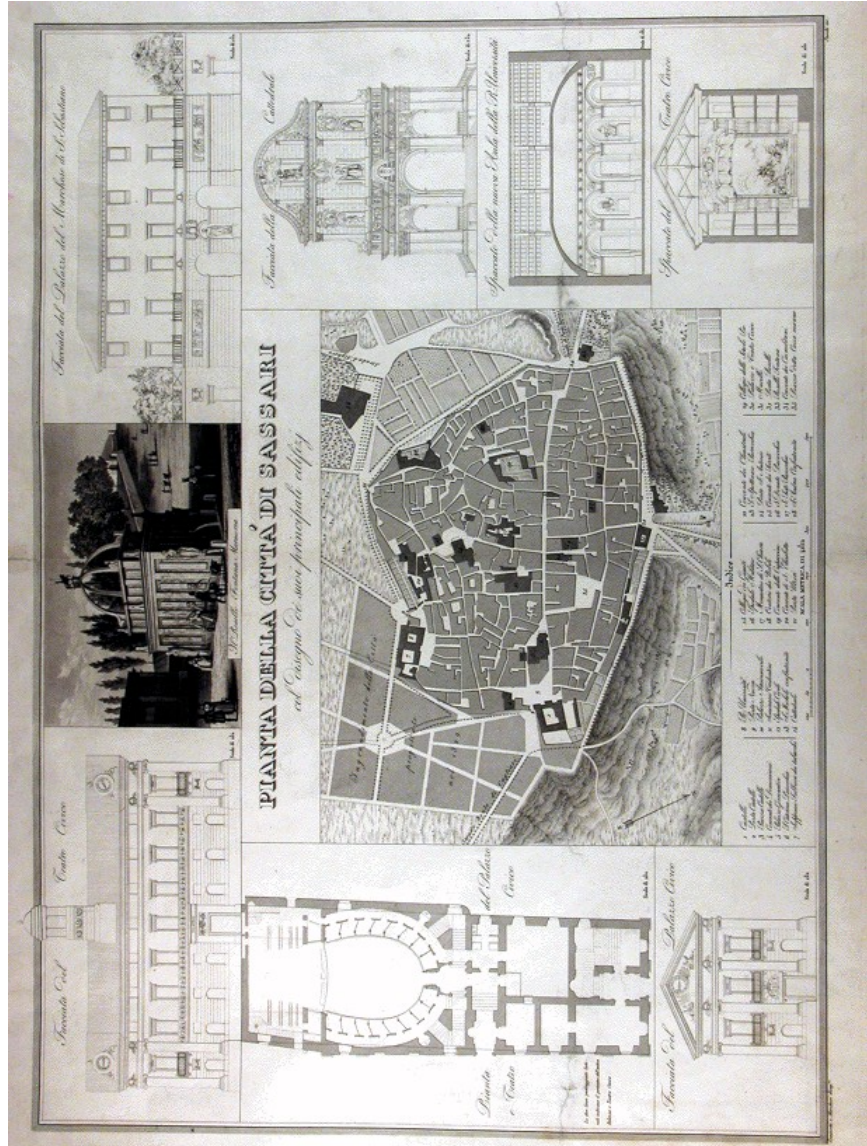


Fig. 14 Cominotti 1832, Pianta della Città di Sassari

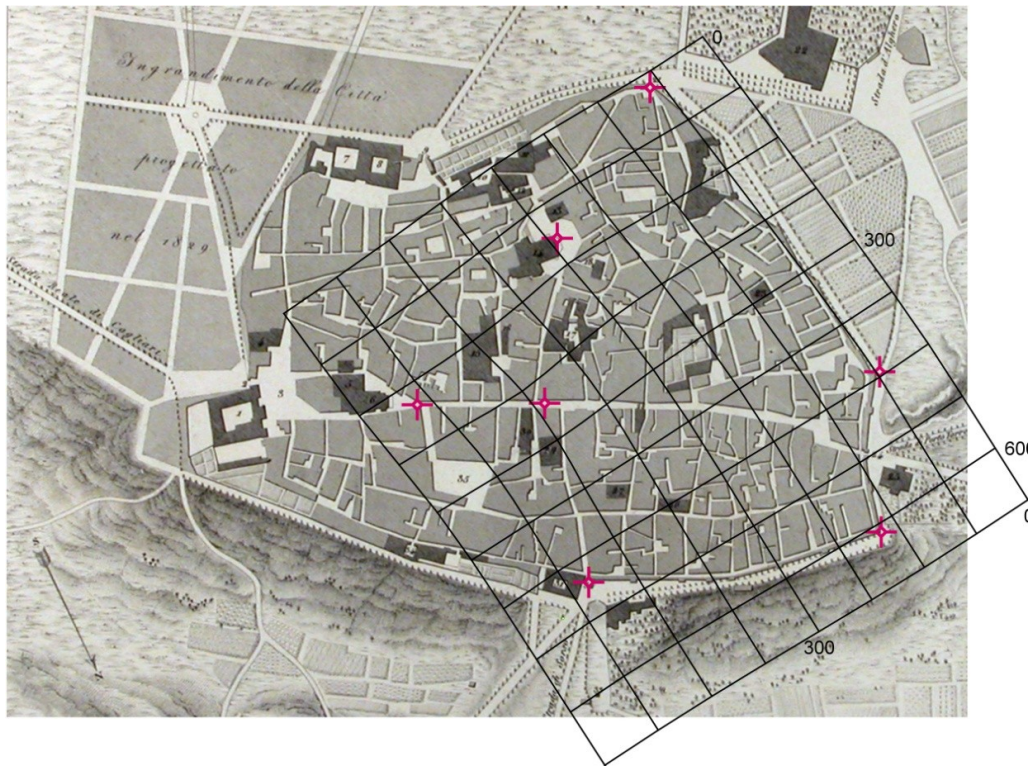


Fig. 15 Analisi geometrica della carta Cominotti con software MapAnalyst

4.4. Carlo De Candia

Carlo De Candia nacque a Cagliari il 28 Dicembre del 1803 da una nobile famiglia di origine napoletana. La passione per l'arte militare lo spinse fin da giovane ad intraprendere quella carriera raggiungendo ottimi risultati. Da Cagliari si trasferì a Torino e frequentò l'Accademia militare e, divenuto ormai capitano del Corpo di Stato Maggiore, fu inviato nell'isola dal Governo Sardo Piemontese per lavorare a fianco del generale A. Della Marmora, per la costruzione della prima *carta dell'isola*.³⁵

I lavori per la costruzione della *carta dell'Isola di Sardegna* si svolsero dal 1834 al 1838. La tecnica di produzione cartografica adottata da Della Marmora e dal capitano De Candia segna il passaggio ad una nuova era. Il Della Marmora si occupò della misurazione delle basi geodetiche e della triangolazione di 1° grado nonché del collegamento della triangolazione della Sardegna a quella della Corsica. Il De Candia invece si occupava di stabilire la triangolazione di 2° grado effettuando tutti i lavori di calcolo.

Nel 1840 il Governo Sabauda incaricò il De Candia dello svolgimento di nuovi lavori geodetici in Sardegna con lo scopo di costruire una carta a grande scala, tracciando i confini di tutti i Comuni dell'Isola per la formazione di un Catasto particellare. Le operazioni vennero condotte in base ad una serie di istruzioni, redatte dallo stesso De Candia ed approvate col Brevetto Reale del 28 aprile 1840. La costruzione della carta topografica alla scala 1:50.000 in 49 fogli, i cui lavori furono interrotti nel 1856 per la guerra di Crimea, sono stati portati a termine soltanto nel 1859.

La cartografia del De Candia segna la nascita del catasto terreni della Sardegna. I fogli che rappresentano l'area di Sassari sono il 61 e il 74, di seguito rappresentati (figg. 16 e 17)

³⁵ Sechi Nuvole M., *Alberto della Marmora e Carlo De Candia cartografi pre-unitari della Sardegna*, Bollettino A.I.C. nr. 143/2011;

In questi anni il De Candia ebbe modo di interessarsi anche di questioni finanziarie³⁶. Curò soprattutto i problemi sardi per cui fin dal 1849 aveva preparato e pubblicato una *Memoria sul riordinamento del tributo fondiario in Sardegna*. Nel 1851 fu nominato Commissario Regio alla Camera dei Deputati di Torino con l'incarico di sostenerne la discussione del progetto di legge per il riordinamento del sistema tributario dell'Isola.

Il De Candia continuò ad interessarsi dell'Isola e dei suoi problemi in qualità di Deputato per Cagliari e Quartu Sant'Elena sino al 1856. In seguito dopo aver conseguito la promozione a Generale, assunse il comando dell'Accademia Militare di Torino, carica che mantenne fino al suo collocamento a riposo. Nell'anno 1859 prese parte alle campagne militari della seconda guerra d'indipendenza. Rientrò infine in Sardegna dove morì il 6 giugno 1862 all'età di 59 anni.

Come si può facilmente osservare, la città di Sassari si trova tra i due fogli 61 e 74, per cui, prima di condurre l'analisi con il MapAnalyst, ricorrendo al software di elaborazione grafica GIMP³⁷, si è scontornata l'area urbanizzata nei due fogli che sono state affiancate per dare una rappresentazione dell'urbanizzato in un'unica immagine.

L'analisi della carta eseguita con Mapanalyst (Fig.18) ha dato dei risultati ormai ottimali, segno evidente che il rilievo è stato eseguito con le più moderne tecniche cartografiche allora a disposizione. Anche l'orientamento del foglio è con il nord verso l'alto, come tutte le successive carte "moderne".

³⁶ Sechi Nuvole M., *Riordinamento del tributo fondiario prediale: il contributo di Alberto Ferrero della Marmora e di Carlo De Candia alla cartografia geodetica di Alghero (Prov. Di Sassari) e della Sardegna*, Espacio y Tiempo, Revista de Ciencias Humanas, nr. 24-2010;

³⁷ Per la descrizione del software vedi appendice



Fig. 16 Foglio 61, 31 dicembre 1847, Cagliari

Dimensioni: 592x791

Scala 1:5000

Autori: Carlo de Candia (Maggiore di Stato Maggiore Generale, direttore dei lavori geodetici); Giuseppe Coda (Luogotenente d'armata facente funzioni d'ingegnere capo della sezione civile);

Arnaldi Domenico(Capo Squadra);

Toponimi: Sorso, Sennori, San Saturnino, Badde Manna, rio Ottava, Rosello, San Francesco

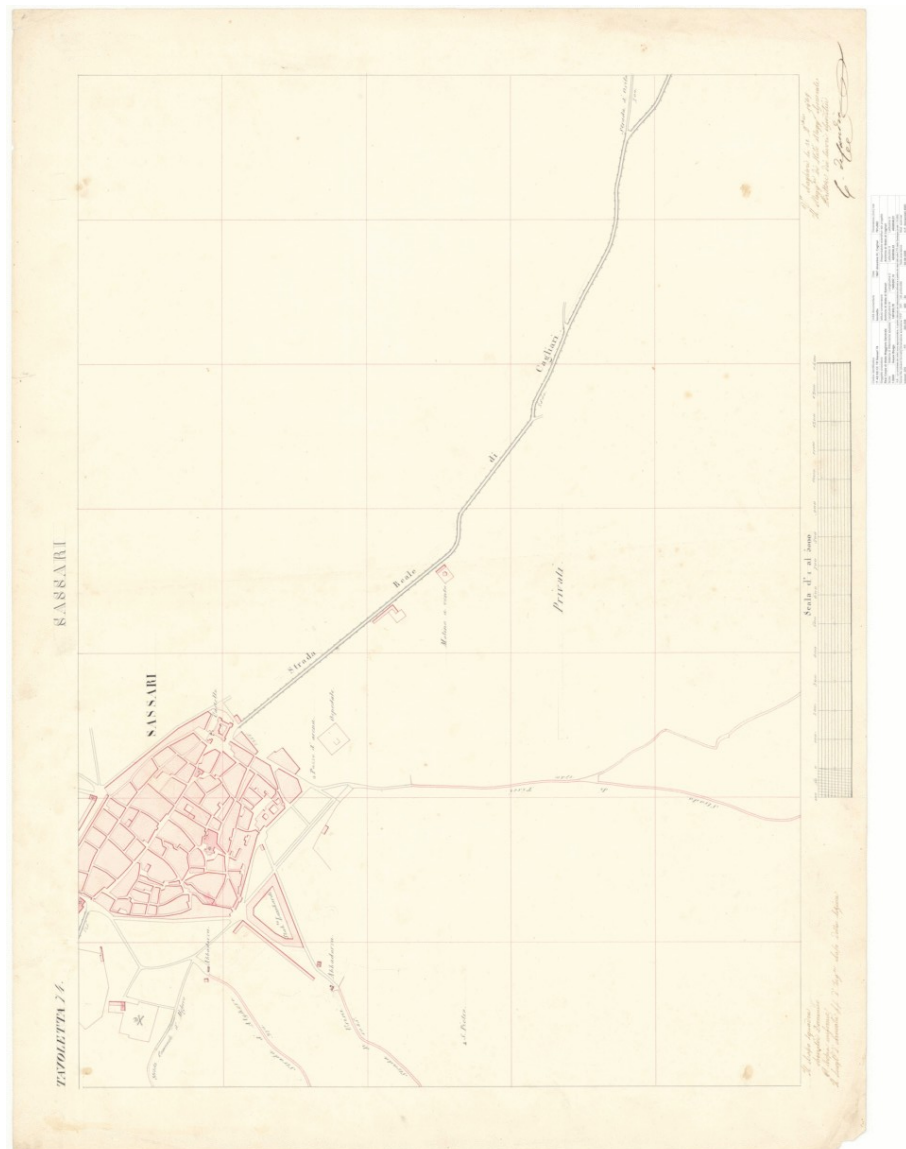


Fig 17, Foglio 74, 31 dicembre 1847 dicembre 31, Cagliari

Dimensioni: 592x791

Scala 1:5000

Autori: Carlo de Candia (Maggiore di Stato Maggiore Generale, direttore dei lavori geodetici); Giuseppe Coda (Luogotenente d'armata facente funzioni d'ingegnere capo della sezione civile);

Arnaldi Domenico(Capo Squadra);

La regione è attraversata dalla strada reale di Cagliari, dalla strada di Usini e dalla strada di Alghero. Sulla mappa sono presenti le seguenti annotazioni: Ospedale, pozzo d'arena, Molino a vento, Castello, Abbadorzu

Toponimi: Sassari, Cagliari , Usini, Alghero , Abbadorzu, San Pietro, Tissi, stabilimento Lombardi, Osilo

Antroponimi: Lombardi

A parere dello scrivente, questa carta può essere considerata la “prima” vera carta della città di Sassari redatta ad una scala adeguata per studiare la composizione e la struttura urbana, base per gli studi successivi.

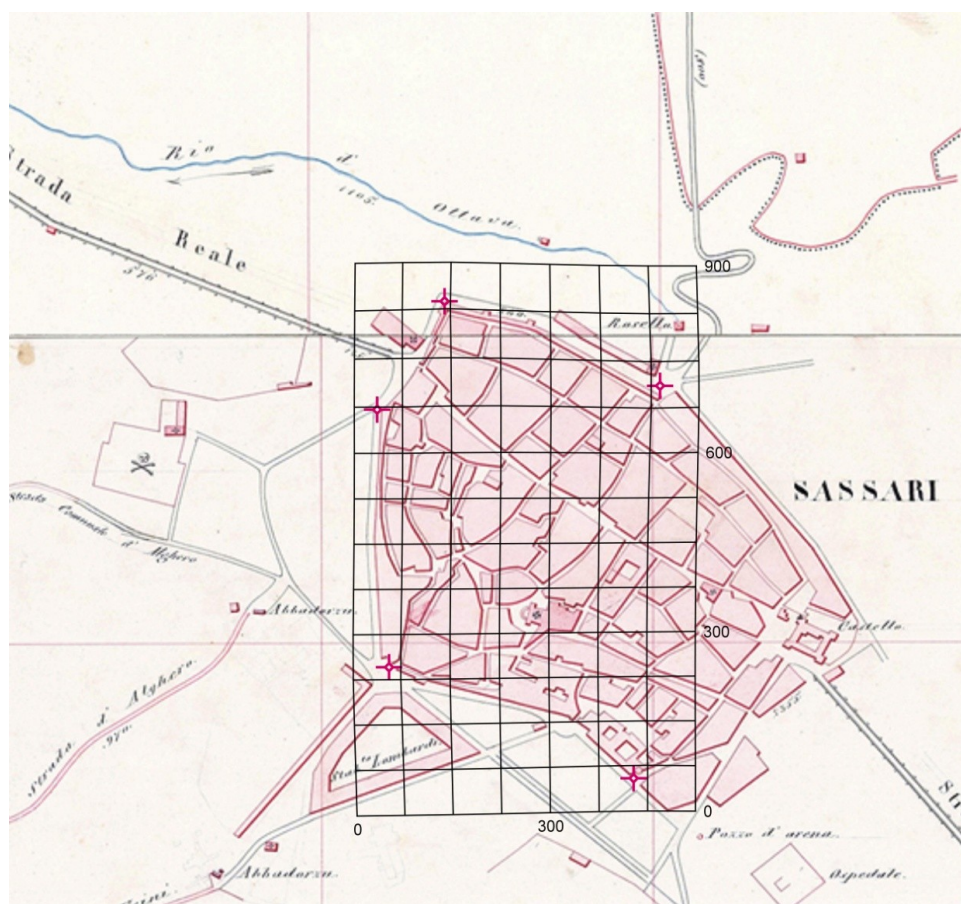


Fig. 18 Analisi geometrica della carta De Candia con software MapAnalyst

4.5. Quarto Reggimento Fanteria

Le esigenze militari, sia come difesa che come attacco, sono state da sempre un formidabile motore di sviluppo scientifico e tecnologico. Anche la tecnica cartografica, come già detto, è debitrice alle esigenze militare per il proprio sviluppo. Il Regno Sabauda fin dal 1738 aveva costituito un “Corpo di Ingegneri Topografi” da cui è scaturito “l’Ufficio Topografico Sardo” parte del Corpo di Stato Maggiore dell’Esercito. Questo ufficio tra il 1816 e il 1830 aveva provveduto ad un rilevamento che si concluse con la realizzazione di una *Carta Topografica degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna* in scala 1:50000 e formata da 113 fogli³⁸. Questa cartografia interessava, come ben detto”...*gli Stati di Terraferma...*” e quindi la Sardegna ne era esclusa. Ma, negli stessi anni, operavano in Sardegna Alberto Della Marmora e Carlo De Candia e quindi dal 1845 anche l’isola poteva avere una sua carta “moderna” per l’epoca benché alla scala di 1:250000. Nel 1857 viene prodotta una serie di interessanti carte dell’area di Sassari a cura del “Signori Ufficiali” del Quarto reggimento Fanteria. Si può ipotizzare che queste carte siano il prodotto di un “corso di formazione” di ufficiali topografi (il cui direttore è il Maggiore G. Mazè e il disegnatore il luogotenente Luigi Fezzi), e il risultato finale appare ottimo. La prima delle tre carte (Fig. 19) è molto dettagliata, con una elevata accuratezza tecnica nel rilievo topografico. In questa carta alla scala 1:10000 (scala standard della cosiddetta, e moderna, Carta Tecnica Regionale o CTR), per i rilievi viene utilizzata la tecnica delle curve di livello con un equidistanza di 5 metri. Sono interessanti le notazioni su quello, che con termine attuale, si chiama “uso del suolo”. Infatti vengono indicati gli oliveti (Ol), i vigneti

³⁸ Laureti L., *Considerazioni sugli aspetti della cartografia topografica italiana pre-unitaria*, 15° Conferenza ASITA, Reggio di Colorno, 15 - 18 novembre 2011;
R. Corpo di Stato Maggiore Generale, *Cenni intorno alla formazione della Carta Topografica degli Stati di S.M. il Re di Sardegna in Terraferma*, Stabilimento Tipografico Fontana, Torino 1841;
Mori ATT., *La cartografia ufficiale in Italia*, cit., 28-266.

(V), gli orti (Or). Anche la città si è espansa rispetto le carte di De Candia, pubblicate solo 10 anni prima (1847) ma i cui rilievi erano ben precedenti.

Le altre due carte (Fig. 20 e 21) sono alla scala, rispettivamente, di 1:2500 e di 1:5000. Grazie a queste scale di maggior dettaglio, la topografia della città è molto più raffinata, come anche le indicazioni di uso del suolo. Mancano le curve di livello ma sono presenti delle linee che potrebbero indicare la suddivisione particellare del territorio a fini catastali.

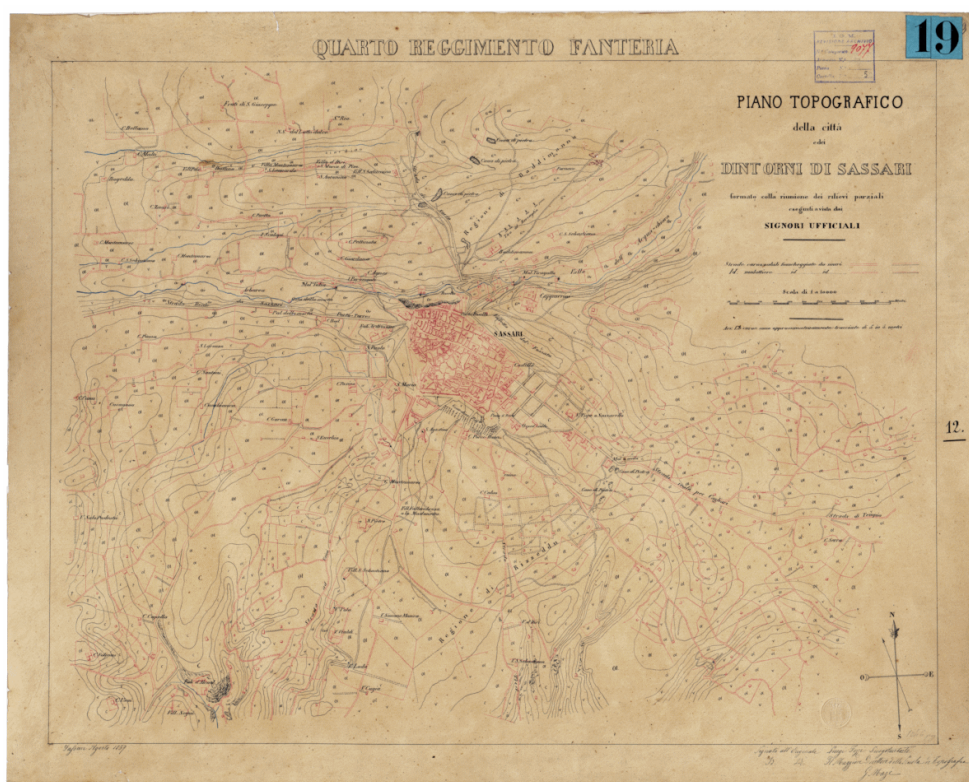


Fig. 19 Quarto Reggimento Fanteria 1857, scala 1:10000

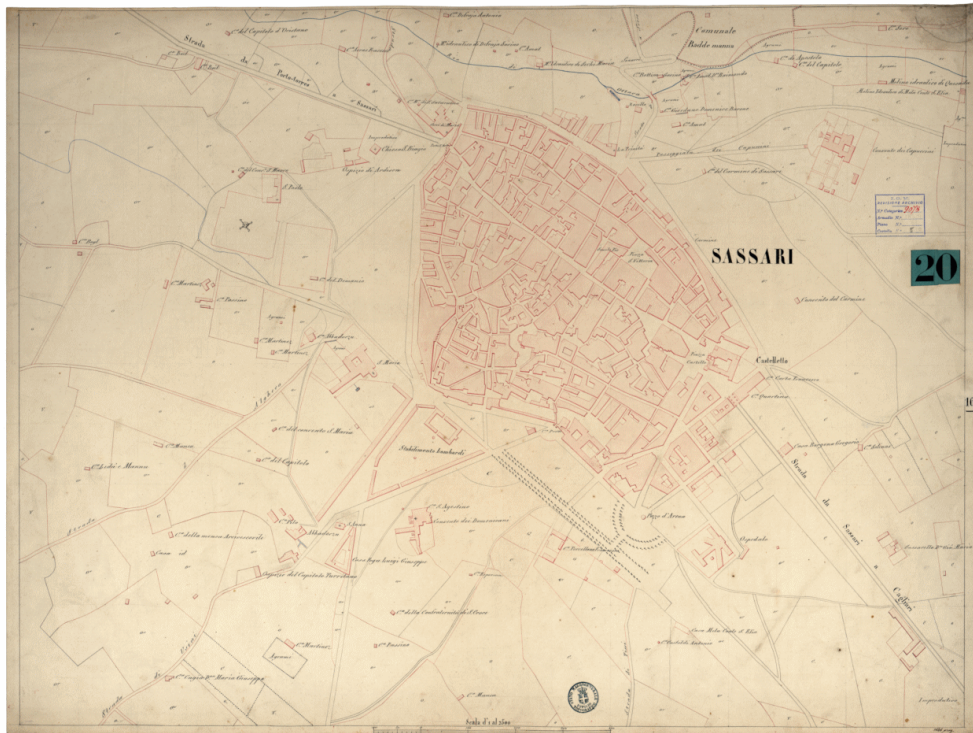


Fig. 20 Stato Magg. Generale, Ufficio Topografico, 1857(?) scala 1:2500

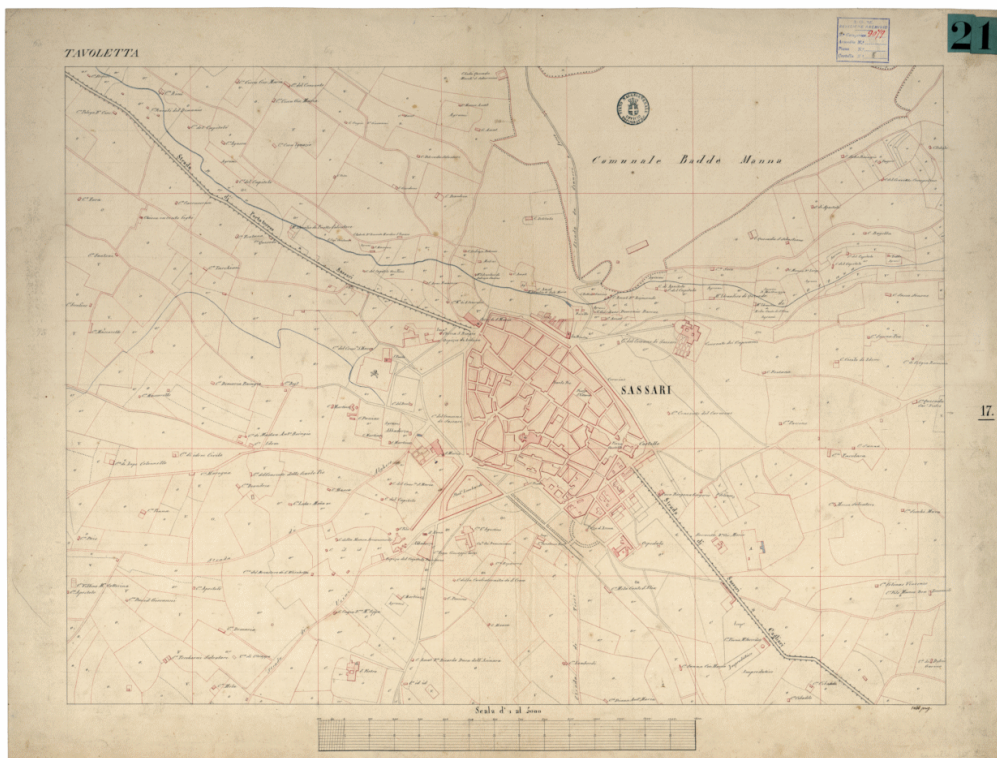


Fig. 21 Stato Magg. Generale, Ufficio Topografico, 1857(?) scala 1:5000

4.6. Ufficio Tecnico Erariale

Con la legge n. 2136 del 26 gennaio 1865 è stato costituito il catasto urbano e dei fabbricati, mentre con la legge n. 3682 del 1° marzo 1886 è stato avviato il rilievo catastale planimetrico, geometrico e particellare di tutto il territorio italiano, nasce quindi il catasto unico italiano, il Nuovo Catasto Geometrico Particellare, e in particolare vengono istituiti il Nuovo Catasto Terreni (N.C.T.), che sostituisce i vecchi catasti preunitari, e il Catasto Edilizio Urbano (C.E.U.), che è l'evoluzione del precedente.

L'aspetto "rivoluzionario" di questa legge è l'istituzione del N.C.T. per l'accertamento della proprietà immobiliare e la tenuta in evidenza delle sue mutazioni: viene infatti affrontato alla radice il problema della diversità dei catasti precedenti pre-unitari e della conseguente sperequazione fondiaria (per questo motivo la legge è nota anche come Legge della Perequazione Fondiaria): con un catasto unico per tutto il territorio nazionale vengono infatti eliminate tutte le disomogeneità viste in precedenza.

Il Nuovo Catasto Geometrico Particellare presenta le seguenti caratteristiche:

- ha la registrazione dei terreni separata dalla registrazione dei fabbricati;
- è di tipo **geometrico particellare**;

Il catasto italiano è, quindi, nato con scopi fiscali e ha scelto per la sua rappresentazione un sistema cartografico che raffigurasse il territorio in maniera fedele e che conservasse superfici, angoli e distanze. I rilievi sono stati fondati sull'esigenza di determinare la proprietà fondiaria per poter imporre una imposta proporzionale al reddito che il bene produce. Il Catasto assunse, quindi, non solo una funzione cartografica, ma anche fiscale e tributaria. Le *particelle catastali*³⁹ sono alla base della rappresentazione catastale. Il centro urbano di Sassari già dal 1876 aveva una sua rappresentazione cartografica con scopi catastali, suddivisa in due fogli (Fig.

³⁹ Per Particella si intende una porzione di terreno sita nel territorio di un comune, appartenente ad un proprietario e tale da avere una stessa coltura e ha stessa classe per tutta la sua estensione. La classe è la suddivisione delle particelle secondo il tipo di coltura e secondo il grado di produttività. Di solito per ogni coltura sono distinte 5 classi.

22 e 23), alla scala di 1:1000, tipica scala del catasto urbano ancora in uso. Il dettaglio delle carte è molto elevato dovendo consentire l'individuazione delle singole particelle catastali



Fig. 22 Ufficio tecnico Erariale di Sassari, 1876, scala 1:1000

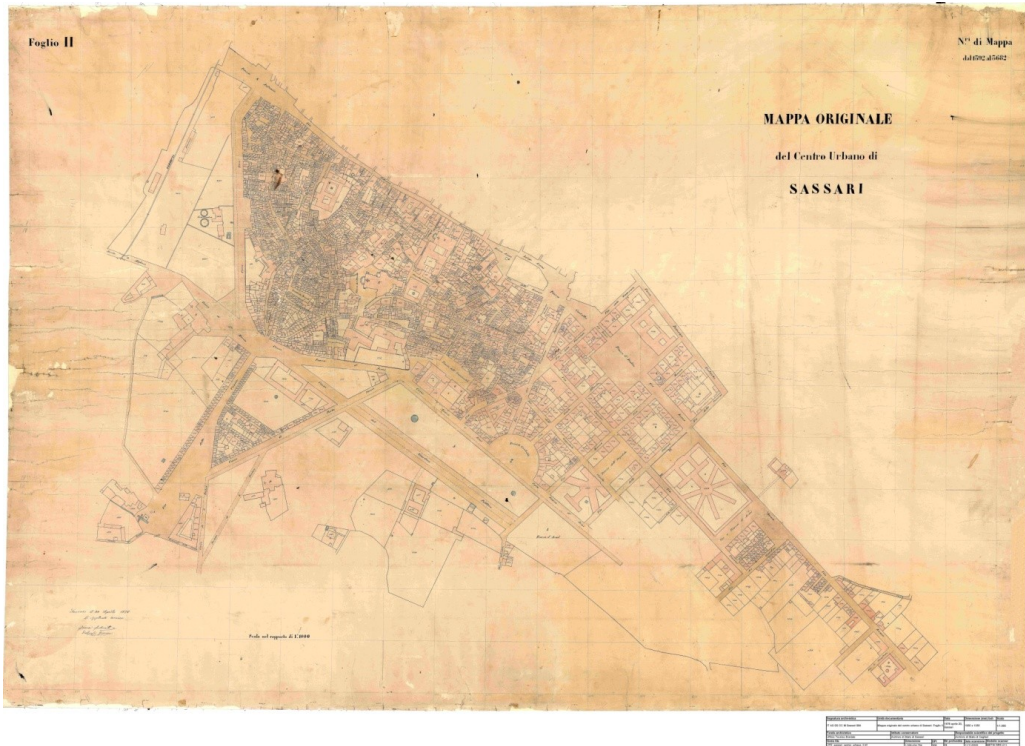


Fig. 23 Ufficio tecnico Erariale di Sassari, 1876, scala 1:1000

4.7 Gustavo Strafforello

Gustavo Strafforello è stato uno dei più attivi poligrafi dell'Ottocento nacque e morì a Porto Maurizio, Imperia (1820-1903). Nel 1854 fu fondata a Torino da Giuseppe Pomba (1796-1876) l'Unione Tipografico-Editoriale Torinese (Utet). Gustavo Strafforello assunse, presso Pomba, la direzione della raccolta geografica d'Italia: *La Patria* (1895), di cui un volume è dedicato alla Sardegna: “ La Patria, Geografia dell’Italia, Sardegna, Corsica, Malta, i Mari d’Italia”. Nel testo è presenta, tra le altre, una planimetria della città di Sassari (Fig. 24), presumibilmente redatta non da rilievi originali ma, come era d’uso fare, erivata in scala 1:4000 le carte catastali del 1878 in scala 1:1000 e la carta 1:25000 dell’Istituto Geografico Militare di Firenze edizione del 1895. La stampa è stata curata dall’Unione Tipografica Editoriale Torinese. Di conseguenza questa carta non apporta alcuna informazione aggiuntiva a quelle contenute nelle altre carte. L’utilità di questa carta, come altre che seguiranno, è quasi esclusivamente rivolta ai non sassaresi, come supporto al testo e per presentare la città.



Fig. 24 Strafforello 1895, scala 1:4000

4.8 Sassari 1903

Presso la Biblioteca Comunale di Sassari è conservata una *Pianta Topografica della Città di Sassari* datata 1903, in scala 1:4000 (Fig. 25). Purtroppo questa carta è in pessime condizioni, non è stata mai scannerizzata con uno scanner piano A0 e, in occasione di questo studio, è stata fotografata ad alta risoluzione per ottenerne una copia almeno decente. Di questa carta non se ne conoscono le origini, né l'autore, ma solo lo stampatore, la litotipografia L. Tilli di Firenze, che fa presumere ci sia stata una certa tiratura per la sua distribuzione. Infatti questa carta contiene interessanti informazioni sull'ubicazione dei principali punti di interesse della città (chiese, uffici pubblici, artigiani, opifici, ecc..), il che porta a ipotizzare una utilizzazione della carta per finalità turistiche o per viaggiatori d'affari. La planimetria della città è ormai quella conosciuta e da altri autori pubblicata, come quella di Strafforello del 1895, il lavoro originale del cartografo è stato quello di ubicare i citati punti di interesse.



Fig. 25 Pianta Topografica della Città di Sassari, 1903, scala 1:4000

4.9 Touring Club Italiano

Il **Touring Club Italiano** è un'associazione senza scopo di lucro, con finalità di promozione turistica sull'intero territorio italiano. Sorto nel 1894 a Milano col nome di *Touring Club Ciclistico Italiano* (TCCI) per iniziativa di un gruppo di 57 ciclisti, tra cui il primo presidente Luigi Vittorio Bertarelli⁴⁰, appartenenti alla "fazione progressista" del Veloce Club Milano. L'intento principale del TCCI era la diffusione della bicicletta, vista come nuovo mezzo alla portata di tutti, simbolo di modernità e motore di diffusione del turismo in tutta la penisola⁴¹.

Nel 1914 pubblica la *Carta d'Italia* in scala 1:250.000, la prima in Italia a fini dichiaratamente turistici. Escono anche i primi volumi della *Guida d'Italia*, la cosiddetta Guida Rossa dal colore della sua copertina.

Nel 1918 pubblica il volume dedicato alla Sardegna della Guida d'Italia⁴², con una dedica alla Sardegna, visto il periodo storico, molto significativa:

“ Per te Sardegna! quest’opera che il Touring Club Italiano commise alla mie modeste forze di comporre, nell’ora storica in cui la Patria contende al nemico il sacro suolo.

Tu elevasti alla gloria imperitura i soldati tuoi figli, ignorati prima. circondati ora dall’ammirazione di tutta Italia.

Il Touring, che filialmente ti ama, qui ti propone in ogni tua bellezza, perché, quando la civiltà avrà ripresi i suoi diritti, possa più facilmente tutto il popolo italiano portarti, reverente, la quercia e l’alloro.

l. v. b.”⁴³

⁴⁰ Luigi Vittorio Bertarelli (Milano, 21 giugno 1859 – 19 gennaio 1926) geografo e speleologo italiano.

⁴¹ https://it.wikipedia.org/wiki/Touring_Club_Italiano.

⁴² Bertarelli L.V., *Guida d'Italia del Touring Club Italiano: Sardegna*, Prima Edizione, CTI Milano 1918.

⁴³ Bertarelli L.V., *Guida d'Italia del Touring Club Italiano: Sardegna*, Prima Edizione, CTI Milano 1918.

Alla pagina 201 della Guida viene illustrata la città di Sassari (Fig. 26) con allegata una carta topografica in scala 1:13000, una scala abbastanza inusuale, ma giustificata dalle ridotte dimensioni del foglio (la guida per ovvi motivi di praticità per il turista deve essere piccola e tascabile). Nella carta sono presenti le curve di livello (con equidistanza di 5 metri), nonché le nuove espansioni urbane verso il colle dei Cappuccini con le vie Caprera, Mameli e Nizza, Trento e Trieste.



Fig. 26 Touring Club Italiano, 1918, scala 1:13000

4.10 Istituto Geografico Militare Italiano

L'Istituto Geografico Militare nasce, come organo cartografico di Forza Armata, nel 1861 a seguito dell'unità d'Italia. La sua storia inizia dall'Ufficio del Corpo di Stato maggiore del Regio Esercito Italiano che, dopo l'unificazione italiana nel 1861, aveva unificato in una singola struttura, con sede a Torino, l'originale Ufficio del Corpo di Stato Maggiore del Regno sardo, dell'Ufficio Topografico Toscano e del Reale Ufficio Topografico Napoletano. Trasferito da Torino a Firenze nel 1865, contemporaneamente alla nomina della città toscana a capitale d'Italia fu trasformato in Istituto Topografico Militare con R.D. 27 ottobre 1872, n. 1084 e rinominato Istituto Geografico Militare nel 1882, l'attuale denominazione. L'istituto svolge le funzioni di ente cartografico dello Stato ai sensi della Legge n. 68 del 2 febbraio 1960⁴⁴.

L'IGM nel 1875 realizzò la *Grande Carta Topografica del Regno d'Italia* rilevando l'intero territorio italiano, formando così una carta topografica d'Italia alla scala 1:100.000. Questo lavoro topografico, in gran parte svolto utilizzando la tavoletta pretoriana, richiese oltre 30 anni (Fig. 1). Per le zone militarmente più importanti e per quelle più ricche di particolari i rilevamenti furono eseguiti alla scala di 1:25000 e, con una legge del 1878, fu stabilito di estendere le levate⁴⁵ al 25000 su tutto il territorio nazionale e da questo derivare il 100000⁴⁶.

Ai fini del presente lavoro sono state utilizzate le carte in scala 1:25.000 e 1:100.000 di seguito elencate:

⁴⁴ <https://www.igmi.org/>

⁴⁵ Si definisce 'levata topografica', o 'rilevamento topografico', il processo operativo che conduce alla rappresentazione cartografica di una porzione di territorio terrestre. Con evidente analogia, viene inoltre talvolta detta 'levata', o 'rilevamento', anche l'elaborato grafico prodotto

⁴⁶ Traversi C., *Tecnica Cartografica*, Istituto Geografico Militare, Firenze 1968;

Fig	anno	codifica	titolo	responsabili ricognizione per aggiornamento	scala	Note
27	1895	F. 180 III.S.O.	Sassari	Cap.Pinna, Ten. Holz, Corà, Bontempi	1:25000	
28	1931	F. 180 III.S.O.	Sassari	Cap. Aragno	1:25000	Aggiornamento delle carta del 1895
29	1943	F. 180 III.S.O.	Sassari	S.Ten Boretti	1:25000	Aggiornamento delle carta del 1895
30	1958	F. 180 III.S.O.	Sassari		1:25000	Prima carta ottenuta con processo aerofotogrammetrico

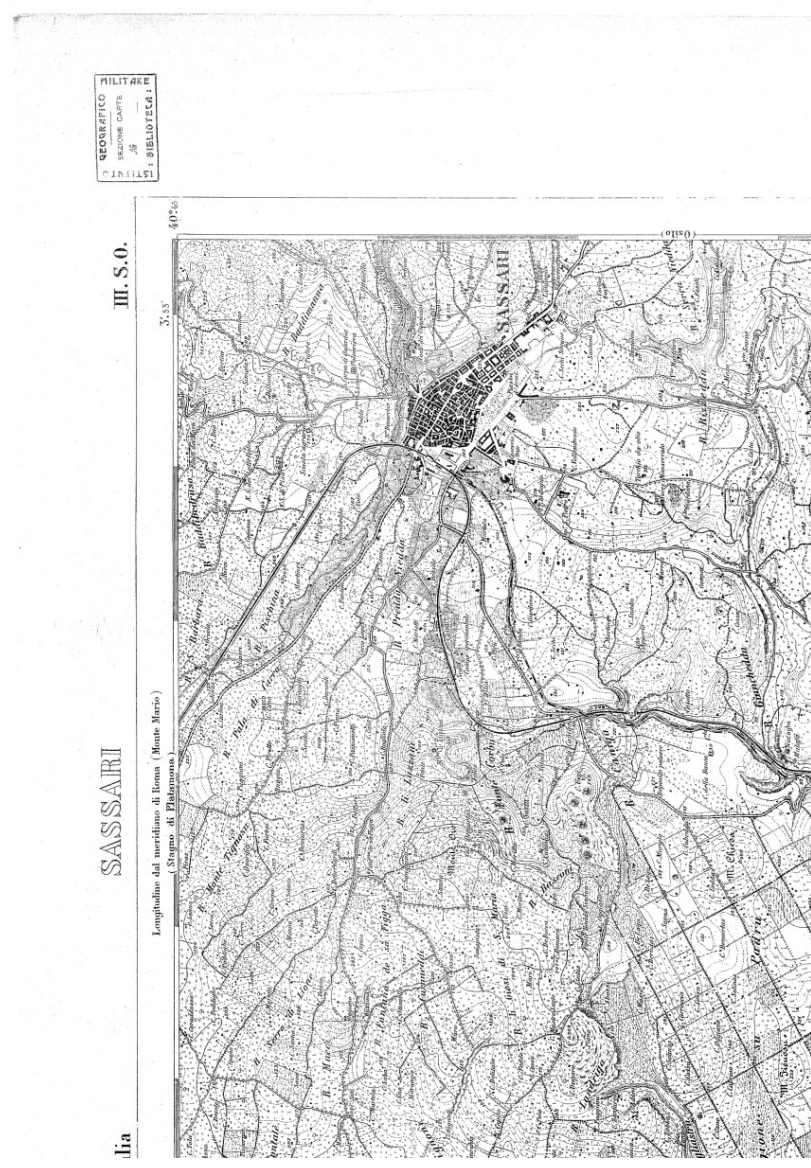


Fig. 27 IGM ed. 1895, scala 1:25000

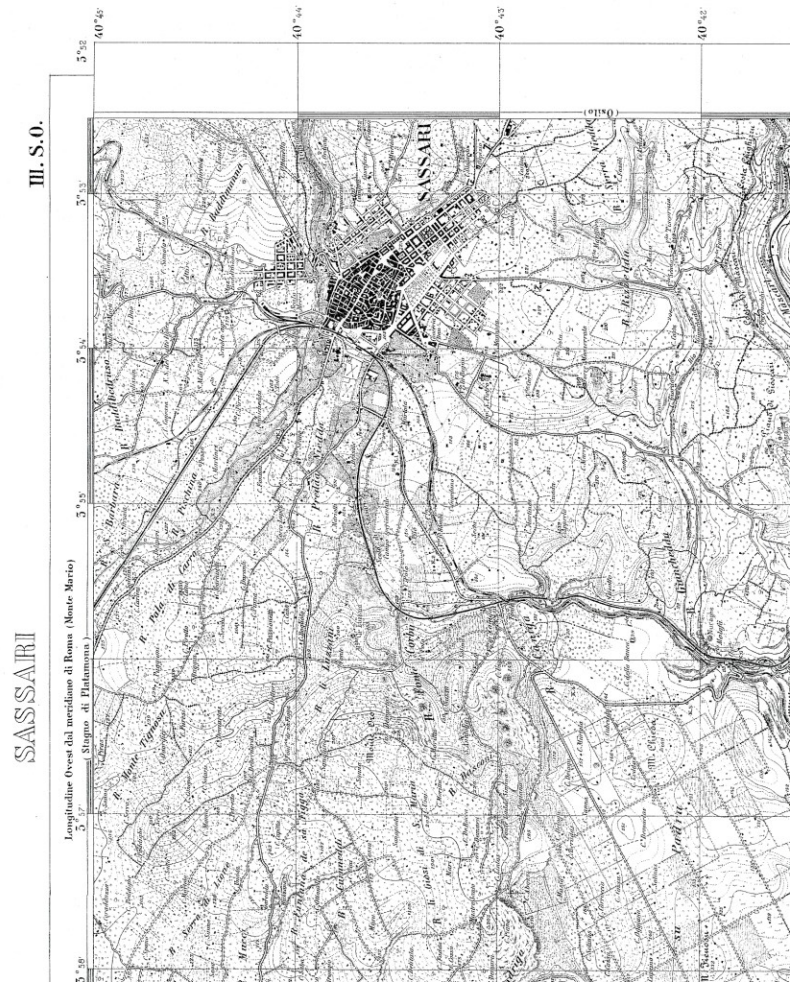


Fig. 28 IGM ed. 1931 scala. 1:25000



Fig. 29 IGM ed 1943, scala 1:25000

Dott. Giuseppe Bianco RAPPRESENTAZIONE DI CARTOGRAFIA STORICA DELLA CITTA' DI SASSARI IN AMBIENTE GIS OPEN SOURCE
 tesi di dottorato in SCIENZA DEI SISTEMI CULTURALI, Culture, Identità Territorio, CICLO XXVIII Università degli Studi di Sassari.

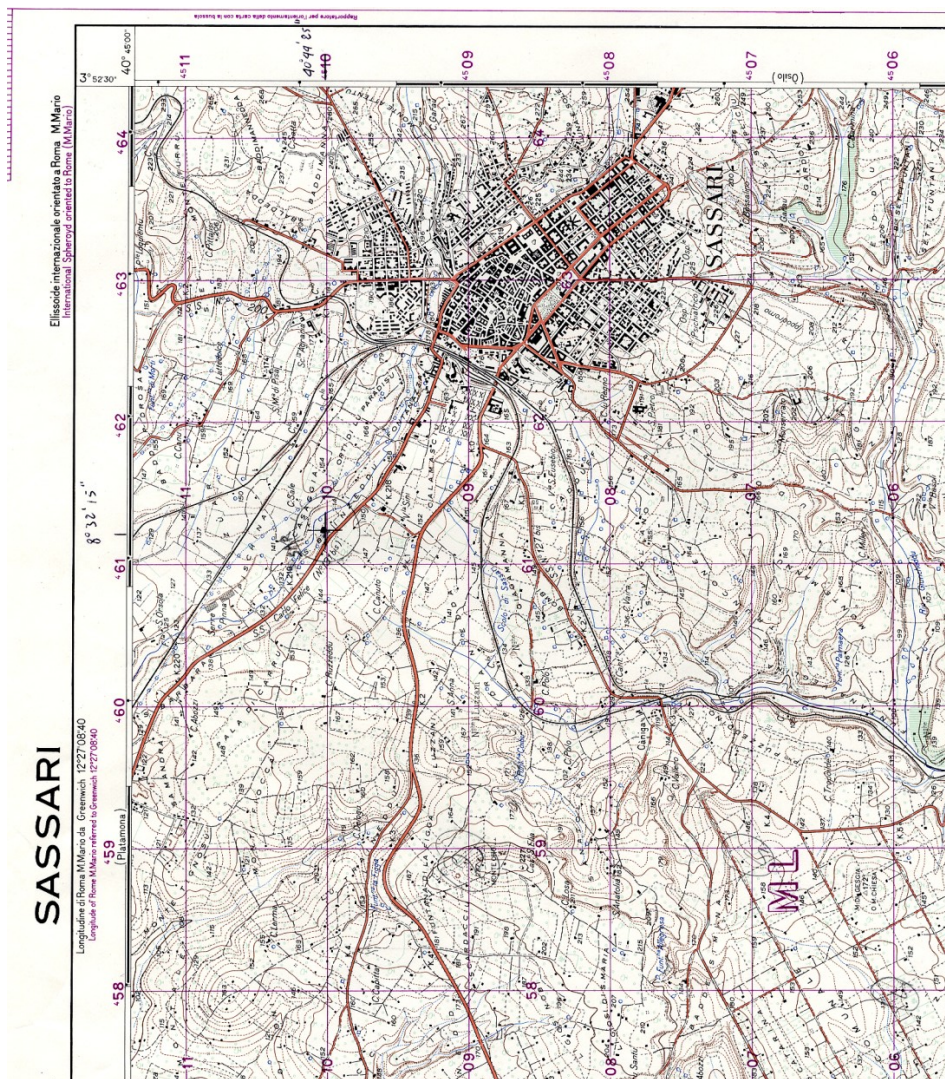


Fig. 30 IGM ed. 1958, scala 1:25000

4.11 USA Army Map Service

Tra il 1941 e il 1968, l'Army Map Service (AMS⁴⁷) fu responsabile della pubblicazione e distribuzione di mappe militari topografiche ad uso delle forze militari statunitensi. La missione era quella di *"raccogliere, catalogare e archiviare mappe nazionali e straniere e informazioni cartografiche richieste dal Dipartimento della Guerra; fornire tale servizio cartografico come richiesto dallo Stato Maggiore e da altre agenzie autorizzate; compilare e riprodurre mappe richieste per le operazioni iniziali delle forze sul campo; e per sviluppare e migliorare i metodi di mappatura e riproduzione cartografica, con particolare attenzione a quelli più adatti per l'uso nei teatri operativi "*.

Durante la seconda guerra mondiale, l'AMS ha prodotto circa 500 milioni di carte topografiche. L'invasione della Normandia nel giugno del 1944 richiese quasi 70 milioni di copie di 3.000 mappe diverse. Successivamente, l'AMS è stata incorporata nella Defense Mapping Agency⁴⁸.

La carta di Sassari⁴⁹ (Fig. 31) del 1943 è alla scala di 1:5000, derivata dalla carta IGM in scala 1:25000 nella edizione del 1931 (Fig. 28) ed è stata revisionata attraverso foto aerofotogrammetriche del sorvolo che gli Stati Uniti eseguirono su tutta l'Italia durante la Seconda Guerra Mondiale. È specificato che la carta ad uso esclusivo del Dipartimento della Guerra e della Marina e non può essere venduta o distribuita. A causa del suo uso esclusivamente militare, le uniche indicazioni della carta sono l'ubicazione di edifici pubblici quali il tribunale, la casa del fascio, l'ospedale, il palazzo del governo, la questura ecc...

⁴⁷<https://www.nga.mil/ABOUT/HISTORY/NGAINHISTORY/Pages/ArmyMapService.asp>

⁴⁸ <https://www.nga.mil/About/History/NGAINHistory/Pages/DefenseMappingAgency.aspx>

⁴⁹ <http://www.lib.utexas.edu/maps/ams/>

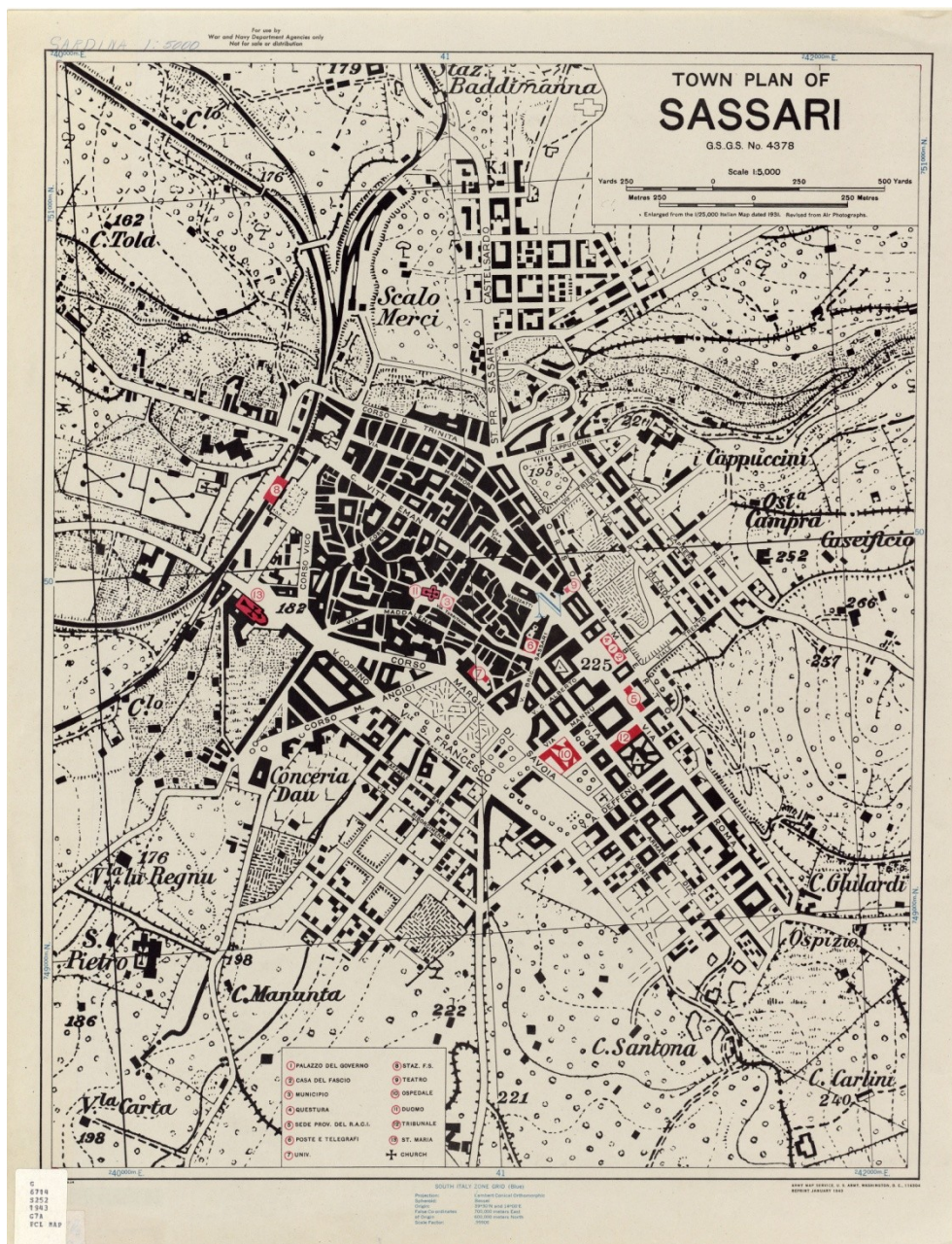


Fig. 31 Army Map Service 1943, scala 1:5000

5. Il GIS: funzioni e potenzialità

Il *Geographic Information System* (acronimo GIS) “è composto da una serie di strumenti software per acquisire, memorizzare, estrarre, trasformare e visualizzare dati spaziali dal mondo reale”⁵⁰.

E' quindi un sistema informativo computerizzato progettato per ricevere, immagazzinare, elaborare, analizzare, gestire e rappresentare dati di tipo geografico georiferiti⁵¹. In termini semplici, col GIS si possono unire cartografie, eseguire analisi statistiche e gestire i dati attraverso tecnologie tipo database. Il GIS consente di mettere in relazione tra loro dati diversi, sulla base del loro comune riferimento geografico in modo da creare nuove informazioni derivate a partire dai dati esistenti. Il GIS offre ampie possibilità di interazione con l'utente e un insieme di strumenti che ne facilitano la personalizzazione e l'adattamento alle problematiche specifiche dell'utente.

Per la rappresentazione dei dati in un sistema informatico occorre formalizzare un modello rappresentativo flessibile che si adatti ai fenomeni reali. Nel GIS le informazioni possono essere raggruppare secondo tre caratteristiche:

1. *Geometriche*: relative alla rappresentazione cartografica degli oggetti rappresentati; quali la forma (punto, linea, poligono), la dimensione e la posizione geografica;
2. *Topologiche*: riferite alle relazioni reciproche tra gli oggetti (connessione, adiacenza, inclusione ecc...);
3. *Informative*: riguardanti i dati (numerici, testuali ecc...) associati ad ogni oggetto.

L'aspetto che caratterizza il GIS è quello geometrico: esso memorizza la posizione del dato impiegando un sistema di proiezione reale che definisce

⁵⁰Burrough P.A. 1986 - *Principles of geographical information systems for land resource assessment*, Clarendon Press, Oxford, U.K.

⁵¹ georiferimento: l'attribuzione a un dato di un'informazione relativa alla sua dislocazione geografica; tale posizione è espressa in un particolare sistema geodetico di riferimento.

la posizione geografica dell'oggetto. Il GIS gestisce contemporaneamente i dati provenienti da diversi sistemi di proiezione e riferimento (es. UTM o Gauss Boaga). A differenza della cartografia su carta, la scala in un GIS è un parametro di qualità del dato e non di visualizzazione. Il valore della scala esprime le cifre significative che devono essere considerate valide delle coordinate di georeferimento.

L'informazione territoriale può essere codificata in un sistema informativo geografico attraverso due tipologie principali di dato: il dato vettoriale e il dato raster:

1. I dati vettoriali sono costituiti da elementi semplici quali punti, linee e poligoni, codificati e memorizzati sulla base delle loro coordinate.
2. Il dato raster permette di rappresentare il mondo reale attraverso una matrice di celle, generalmente di forma quadrata o rettangolare, dette pixel. A ciascun pixel sono associate le informazioni relative a ciò che esso rappresenta sul territorio.

5.1 Il GIS della cartografia storica della città di Sassari

La realizzazione di un GIS utilizzando la cartografia storica è lo scopo principale del presente lavoro. Infatti il fine principale del presente studio è quello di verificare le potenzialità dello strumento GIS nello studio dell'evoluzione di una città attraverso la sua cartografia storica.

Come già evidenziato, la città di Sassari non può vantare una cartografia storica estesa, specialmente indietro negli anni prima del 1800. La cartografia utilizzata per realizzare il presente GIS, tra poche a nostra disposizione e direttamente rilevate dal topografo/cartografo, cioè non rielaborate successivamente al primo rilievo, è la seguente:

- Giovanni Massetti Raimondi, 1806;
- Giuseppe Cominotti, 1832;
- Carlo de Candia, 1847;
- Quarto Reggimento, 1857;
- Gustavo Strafforello, 1895;
- Istituto Geografico Militare, 1895, 1931, 1945.

Come si può notare l'intervallo temporale è limitato, verso l'antichità, dalla prima carta disponibile del 1806, mentre verso i tempi moderni si è deciso di limitare alla carte 1:25000 dell'IGM del 1958 perché è la prima realizzata con l'utilizzo della tecnica fotogrammetrica⁵² e, di conseguenza della aerofotogrammetria, un deciso passo avanti tecnologico che ha aperto la porta a tutte le cartografie ormai da classificare come "moderne".

Il lavoro si può suddividere in due fasi:

- ✓ realizzazione del GIS;
- ✓ applicazione del GIS per lo studio dell'espansione urbana della città di Sassari.

⁵² La *fotogrammetria* è una tecnica di rilievo che permette di acquisire dei dati metrici di un oggetto (forma e posizione) tramite l'acquisizione e l'analisi di una coppia di fotogrammi stereometrici.

5.1.1 Realizzazione del GIS

Come già illustrato, per la realizzazione del GIS della città di Sassari si sono utilizzati esclusivamente software open source, tranne che per gli usi comuni di office automation, per i quali si è utilizzato il comune Microsoft Office.

Il personal sul quale sono stati installati i diversi pacchetti software è configurato come segue:

- Processore: Intel Core i5-6500 CPU@3.20 GHz
- Memoria RAM: 8,00 GB
- Sistema Operativo a 64 bit Windows 7 Professional

Come si può notare, si tratta di un p.c. “normale” in linea con la filosofia generale di utilizzare strumenti a basso costo, e software open source.

I software utilizzati sono descritti in allegato, e sono:

Software GIS: QuantumGIS

Elaborazione immagini: GNU Image Manipulation Program (GIMP).

Analisi mappe storiche: Mapanalyst.

Tutti i software sono stati “scaricati” dai siti ufficiali di seguito elencati:

- QGIs, versione 2.18.2 “Las Palmas”,
<https://www.qgis.org/it/site/forusers/download.html>
- MapAnalyst, versione 1.3.28, <http://mapanalyst.org/download.html>
- GIMP, versione 2.8.18, <https://gimpitalia.it/>

Le diverse installazioni non hanno presentato alcuna difficoltà.

5.1.2 Fasi di realizzazione del GIS.

Per la realizzazione del GIS si sono dovute seguire diverse fasi, alcune ovvie e semplici, mentre altre hanno rappresentato un maggior livello di difficoltà, specialmente nei casi in cui era necessario un grado di conoscenza dei diversi pacchetti software abbastanza approfondito.

Di seguito si elencano le diverse fasi con le relative, se del caso, sottofasi:

5.1.2.1. Acquisizione della cartografia storica.

Gli archivi di deposito dove sono state reperite le carte sono i seguenti:

- a. Archivio di Stato di Sassari;
- b. Archivio di Stato di Torino;
- c. Biblioteca comunale di Sassari;
- d. Istituto Geografico Militare, Firenze;
- e. Sardegna digital library;
- f. Collezione privata di cartografia storica;
- g. Biblioteca Universitaria di Sassari;
- h. Biblioteche private.

5.1.2.2. Digitalizzazione attraverso scanner.

Alcuni archivi, come ad esempio l'Archivio di Stato di Torino e di Sassari, l'IGM di Firenze, hanno digitalizzato il proprio patrimonio documentale, per cui su richiesta hanno fornito i file delle carte depositate, tipicamente in formato JPEG⁵³. Le immagini sono state fornite in scala 1:1 e a colori.

Alcune immagini, tipicamente quelle di proprietà private, sono state appositamente scannerizzate, sempre in formato JPEG. Per la

⁵³ JPEG standard internazionale di compressione dell'immagine digitale a tono continuo, sia a livelli di grigio che a colori.

scannerizzazione si è utilizzato uno scanner in formato A3 per poter acquisire la superficie maggiore. In alcuni casi si è ricorso alla fotografia dell'originale utilizzando una macchina fotografico digitale, per ottenere immagini al alta risoluzione tipi TIFF⁵⁴.

5.1.2.3. Elaborazione delle immagini

Una volte acquisite le immagini in file, prima di renderle disponibili per il GIS e utilizzando il software di elaborazione grafico GIMP, sono state trattate per migliorare il contrasto generale, eliminando eventuali dominanti di colore, cercando di migliorare la messa a fuoco. Inoltre sono state (per quanto possibile) rifilate dei bordi e dell'intestazioni per limitare il loro disturbo nelle successive fasi di visualizzazione sul GIS. Nel caso dello studio sullo sviluppo urbanistico della città di Sassari si è, inoltre, scontornato il tessuto urbano della città⁵⁵ per ottenere una immagine relativa alla sola area edificata (Fig. 32, 33, 34). In questo caso le immagini ottenute sono state salvate in formato .png⁵⁶.

⁵⁴ *Tagged Image File Format*, detto anche TIFF, è un formato immagine di tipo raster. Le specifiche del formato TIFF permettono una notevole flessibilità di lavoro.

⁵⁵ tessuto urbano: le morfologie dell'insediamento caratterizzate da una stretta correlazione tra la forma degli spazi stradali e l'insieme degli edifici, determinata dal fatto che i fronti edificati si dispongono lungo i bordi delle strade.

⁵⁶ PNG (Portable Network Graphics) è un formato di file per memorizzare immagini capace di immagazzinare immagini in modo *lossless*, ossia senza perdere alcuna informazione, ed è più efficiente con immagini non fotorealistiche (che contengono troppi dettagli per essere compresse in poco spazio). Ha un canale dedicato per la trasparenza (canale alfa).



Fig. 32 Scannerizzazione originale IGM 1:25000 ed. 1931



Fig. 33 Ritaglio in funzione del GIS dell'IGM 1931



Fig. 34 Ritaglio della sola area urbanizzata dell'IGM 1931 ai fini del GIS

5.1.2.4 Georeferenziazione.

Questa fase è una delle più importanti ed impegnative di tutta la costruzione del GIS. Con il termine *georeferenziazione* ci si riferisce al processo di assegnazione di coordinate oggetto (in un certo sistema di riferimento) al sistema immagine, in modo da restituire alla geometria dell'immagine scansionata il contenuto metrico posseduto inizialmente dalla carta originale. La determinazione dei parametri di trasformazione avviene di norma conoscendo le coordinate, nel sistema immagine ed in quello oggetto, di un certo numero di “punti di controllo” (GCP) a coordinate note che possono essere ricavate per mezzo di rilievi a terra, con dispositivi GPS, o dedotte da altra cartografia di cui è nota la geometria⁵⁷. Successivamente il processo di georeferenziazione avviene con un apposito modulo del

⁵⁷ Bitelli G., Gatta G., *Esperienze di georeferenziazione ed elaborazione digitale di una carta di Bologna del '700*, 11° Conferenza ASITA, Torino 6 – 9 novembre 2007;

software GIS utilizzato (in questo caso il QGIS⁵⁸) e l'immagine viene deformata e adeguata al sistema di coordinate che è stato scelto. L'algoritmo di georeferenziazione utilizzato in questo caso è del *tipo protettivo* con un metodo di campionamento al *vicino più prossimo*⁵⁹ e con almeno 4 GCP. Nel caso del presente lavoro la ricerca del GCP ha destato una particolare difficoltà dovuta al fatto che sulla immagine base a coordinate note (file *Urbanizzato 2008*, tratto da una ortofoto⁶⁰ della Regione Autonoma della Sardegna del 2008) utilizzata come riferimento di tutto il GIS è stato difficile ritrovare punti omologhi tra la cartografia antica e la situazione attuale a causa del completamente mutato contesto generale (estensione dell'area urbanizzata, enorme sviluppo della viabilità ecc...). Prima di iniziare le operazioni di georeferenziazione si deve scegliere il *Sistema di riferimento spaziale*⁶¹ da adottare. Spesso il sistema di proiezione cartografico adottato per le carte antiche non è noto, oppure sono i più diversi. As esempio nel caso del presente studio è noto il sistema adottato da De Candia e dall'IGM, il Gauss Boaga, mentre non è noto quello del Quarto Reggimento Fanteria, quello del Massetti o di Strafforello. Al fine di poter limitare gli errori nel GIS, si devono uniformare tutte le carte ad un unico sistema di riferimento. La cartografia moderna utilizza lo standard WGS

⁵⁸ http://www.qgistutorials.com/it/docs/georeferencing_basics.html

⁵⁹ vicino più prossimo o *nearest neighbour*: è una trasformazione del primo ordine che assegna a ogni pixel dell'immagine corretta, un valore del pixel più vicino al punto corrispondente nell'immagine non corretta. E' la tecnica più usata per immagini di tipo raster, perché ha il vantaggio di essere veloce e di non alterare i valori della scena acquisita, anche se crea errori di disposizione;

⁶⁰ Una ortofoto o ortofotografia è una fotografia aerea che è stata geometricamente corretta (cioè che ha subito procedimento di ortorettifica) e georeferenziata in modo tale che la scala di rappresentazione della fotografia sia uniforme, cioè la foto può essere considerata equivalente ad una mappa.

⁶¹ Le proiezioni cartografiche cercano di rappresentare la superficie terrestre o una porzione della stessa su un piano, che sia un foglio di carta o uno schermo. Un sistema di riferimento (SR) definisce, attraverso delle coordinate, come la vostra mappa proiettata nel GIS si collega a posizioni reali sulla terra

84⁶² e, quindi, anche in questo lavoro si è adottato questo standard. Le carte storiche sono state quindi riproiettate in WGS 84 utilizzando l'apposito modulo del software QGIS.

Il processo di georeferenziazione della cartografia storica ha presentato un altro problema che si è riusciti a risolvere solo parzialmente. Sulla cartografia moderna è quasi sempre sovrainpresso un reticolo geografico sempre orientato con il nord verso l'alto e, nel caso in cui non ci sia il reticolo, il nord è sempre verso l'alto del foglio. In una cartografia antica questo orientamento non è presente quasi mai. Con il processo di georeferenziazione la carta antica viene ruotata verso destra o sinistra dei gradi necessari per far sì che il nord di un ipotetico reticolo geografico corrisponda a quello della carta moderna. Conseguenza di questa rotazione è che l'immagine derivata è rappresentata sempre con un quadrato/rettangolo che circonda la carta antica, con però 4 aree nere di forma triangolare più o meno estese a seconda dei gradi di rotazione dati alla carta (Fig. 35). Queste 4 aree nere portano non poco disturbo nella rappresentazione sul GIS. Per eliminare queste aree nere il software QGIS consente di considerare nulli alcuni valori. Assegnando quindi il valore 0 (che corrisponde al colore nero) si eliminano queste aree, anche se si elimina il colore nero anche dall'interno dell'immagine, con un degrado generale dell'immagine specialmente se questa ha pochi livelli di colore (Fig. 36).

⁶² WGS84 (sigla di World Geodetic System 1984) è un sistema di coordinate geografiche geodetiche, mondiale, basato su un ellissoide di riferimento elaborato nel 1984. Il sistema WGS84 non ha associata una rappresentazione cartografica ufficiale, ma comunemente viene utilizzata la rappresentazione UTM, che assume la denominazione UTM-WGS84.

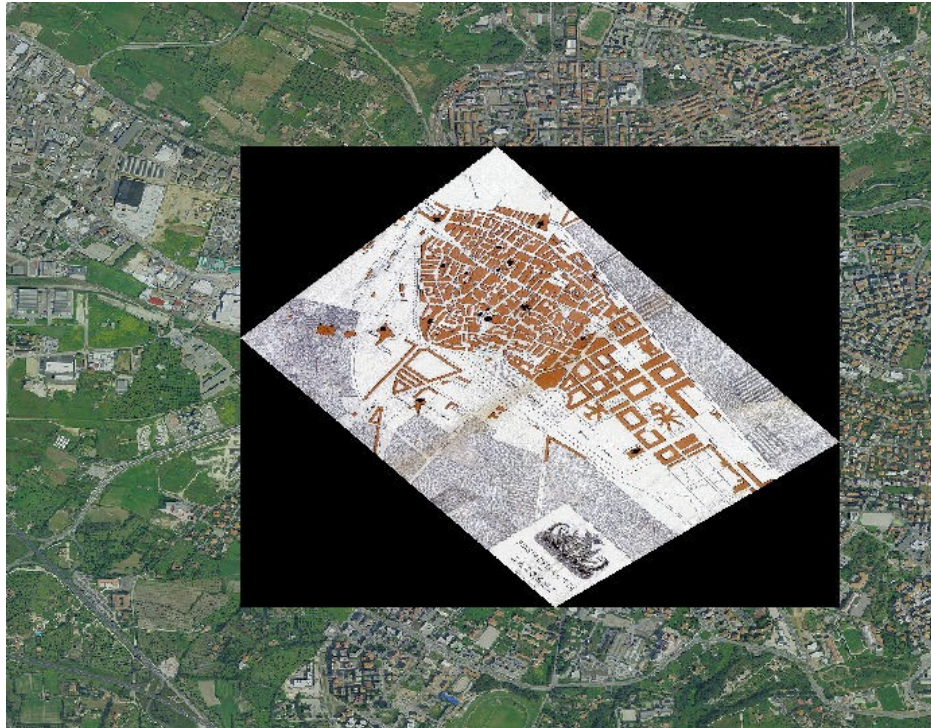


Fig. 35 Aree nere risultanti dal processo di georeferenziazione



Fig. 36 Stessa immagine della Fig. 24 ma con l'eliminazione delle aree nere.

5.2 Analisi della cartografica storica.

Il GIS è costituito da *layers* (o *strati*) informativi diversi tra loro ma con un riferimento geometrico comune. Grazie a questo riferimento è possibile sovrapporre le diverse carte per poter poi ottenere nuove carte costituite dalla elaborazione di quelle di base.

Nel caso del presente GIS i diversi layers sono le diverse carte citate:

Giovanni Massetti Raimondi, 1806;
Giuseppe Cominotti, 1832;
Carlo de Candia, 1847;
Quarto Reggimento, 1857;
Gustavo Strafforello, 1895;
Istituto Geografico Militare, 1895, 1931, 1945.

La base utilizzata è la citata ortofoto della regione autonoma della Sardegna del 2008 (Fig. 37) che viene fornita già georeferita e che quindi si presta come riferimento per tutte le georeferenziazioni successive delle diverse carte oltre a fornire il sistema di riferimento cartografico generale. Questa ortofoto fornisce quella che può essere considerata la “verità a terra” sulla quale si sono fatte le considerazioni sulle caratteristiche grafiche e geometriche delle diverse carte. Inoltre attraverso le diverse fasi su elencate (par. 5.1.2.3. elaborazione delle immagini) sono ottenute delle carte derivate utilizzate per lo studio dell’espansione urbana della città, studio condotto per saggiare le potenzialità dello strumento GIS.

Di seguito vengono presentate le diverse carte derivate precisando che, tranne l’orientamento con il nord verso l’alto, mancano tutti gli altri elementi di una carta geografica, quali la scala (che orientativamente è di circa 1:5000), il reticolo con le coordinate ecc... Questa mancanza è dettata dalla ritenuta inutilità di inserirli non essendo questa presentazione una carta geografica, ma solo la presentazione di immagini esplicative.

L’analisi viene condotta sovrapponendo sulla ortofoto del 2008 le diverse carte è, utilizzando la funzione di QGIS di “trasparenza” al 25% del layer superiore (sempre la carta storica), vengono condotte alcune considerazioni.



Fig. 37 Layer di base, ortofoto Regione Autonoma della Sardegna 2008

Procedente nell'analisi in senso cronologico, la prima carta è quella di Giovanni Massetti Raimondi del 1806, detta "La carta del Violinista" (Fig. 38).



Fig. 38 Layer di base con sovrapposta la carta di Giovanni Massetti Raimondi, 1806



Fig. 39 ingrandimento in scala approssimativa 1:2000 dalla Fig. 27

Si osserva in Fig. 39, grazie alla trasparenza del layer di Massetti che la sua carta non segue correttamente in corso delle mura all'altezza dell'attuale viale Umberto, ubicando il Castello Aragonese più a sud della caserma La

Marmora. In base alle risultante degli scavi archeologici eseguiti nel 2008 - 2009 per individuare i resti del Castello, si può ipotizzare un errore di circa 30-40 metri.



Fig. 40 Ingrandimento in scala approssimativa 1:2000 dalla Fig. 27, zona Porta d'Utzeri

La Fig. 40 è un altro ingrandimento della Fig. 38. Anche in questo caso si può osservare un errore di circa 40 metri nel posizionamento di Porta d'Utzeri. Al contrario l'attuale Corso Vico il Corso Trinità sono posizionati correttamente (Fig. 41).



Fig. 41 Ingrandimento in scala approssimativa 1:2000 dalla Fig. 27, zona dell'attuale Corso Vico e Corso Trinità.

La carta del Cominotti (Fig. 42) fu disegnata ruotata di circa 180° rispetto tutte le altre. Per questo motivo, dopo la georeferenziazione, e la conseguente rotazione, le scritte appaiono al contrario. La carta risulta molto accurata e corretta (ricordando che il Cominotti era un architetto, e quindi un “professionista”) tranne per la zona di Porta d’Utzeri, (Fig. 43)



Fig. 42 Layer di base con sovrapposta la carta di Giuseppe Cominotti, 1832



Fig. 43 Ingrandimento in scala approssimativa 1:2000 dalla Fig. 30, zona Porta d'Utzeri

La Fig. 44 presenta la carta del De Candia del 1847. Ormai grazie alla professionalità il perimetro delle mura, e quindi dell'attuale "Centro storico"

della città, ma all'epoca la città stessa, è seguito molto fedelmente. Vengono cartografate le prime estensioni del perimetro urbano verso sud-est, il Castello Aragonese è ubicato correttamente,



Fig. 44 Layer di base con sovrapposta la carta di De Candia, 1847

Dopo il De Candia, nella sequenza cronologica troviamo quella del Quarto Reggimento Fanteria (Fig. 45 e 46) del 1857. Ormai la tecnica cartografica ha raggiunto un livello di accuratezza tale per cui tra la carta storica e la realtà, ovviamente alla scala di analisi di questo studio ci sono ben poche differenze. L'analisi delle carte storiche diviene molto utile per studiare l'evoluzione del territorio attraverso l'uso del suolo, se indicato come nella carta del Quarto Reggimento, l'urbanistica, la toponomastica ecc... Per questo motivo non si prosegue con l'analisi generica delle successive carte storiche, ma si verificherà l'opportunità di utilizzare lo strumento GIS per calcolare l'espansione urbana dalla città.



Fig. 45 Layer di base con sovrapposta la carta del Quarto Reggimento, 1847



Fig. 46 Layer di base con sovrapposta la carta del Quarto Reggimento, 1847

5.3. Misure di confronto tra carte storiche e attuali

Utilizzando una funzionalità del software QGIS sono state eseguite alcune misure di confronto (espresse in metri) tra la situazione attuale e le carte storiche.

	Massetti	Cominotti	Quarto Reggimento	Oggi
Corso Vittorio Emanuele	624	668	620	637
Allineamento Porta Rosello- Porta d'Utzeri	642	762	678	701

Queste misure sono, ovviamente, orientative specialmente per la difficoltà di trovare gli stessi punti di origine o fine delle misure, le stesse difficoltà già evidenziate nella ricerca dei GCP per la georeferenziazione.

5.4.Misura dell'espansione urbana della città di Sassari

Al fine di verificare ulteriormente le potenzialità di un GIS, e in questo caso open source, si è misurata la superficie urbanizzata della città nella sua evoluzione nel corso degli anni dal 1806 al 1958. Per il calcolo delle superfici le aree urbane sono state scontornate dalla carta generale seguendo la procedura illustrata nel paragrafo 5.1.2.3 “Elaborazione Immagini”. E' bene far notare che la scelta del confine tra urbano e no è abbastanza arbitraria in quanto non sono state considerate urbane le aree con edifici isolati, benché abbastanza vicini alla città. Di questa scelta si deve tener conto nel caso in cui si vogliono condurre ulteriori studi incrociando con dati di tipo demografico, ed esempio il numero di abitanti dai censimenti ISTAT, salvo ulteriori valutazioni sui criteri adottati dall'Ente Statistico, però non oggetto del presente studio. Inoltre all'interno dell'area urbana sono presenti edifici non a scopo residenziale, quali chiese, le mura e il castello, edifici pubblici, ospedale, ecc...., mentre non è stata considerata l'area dei giardini pubblici presente in Strafforello in quanto ai confini dell'area urbana. Nelle carte successive, invece, sono state conteggiate le aree non urbanizzate ma inglobate nel perimetro della città (i Giardini Pubblici, il Fosso della Noce, l'area della fontana di Rosello). Altro elemento di valutazione è dato dagli errori delle diverse carte. Come già osservato nel precedente paragrafo 5.2 “Analisi della cartografica storica”, le carte del Massetti e del Cominotti presentano degli errori nella perimetrazione dell'area urbana. Ovviamente questi errori si ripercuotono anche nel calcolo della superficie. Purtroppo questi errori non sono eliminabili in quanto sono propri del rilievo eseguito per la redazione della carta. Sono state utilizzate le carte storiche più volte elencate, e più precisamente:

Cartografo	anno	n° Fig.
Giovanni Massetti Raimondi	1806	47
Giuseppe Cominotti	1832	48
Carlo de Candia	1847	49

Quarto Reggimento	1857	50
Gustavo Strafforello	1895	51
Istituto Geografico Militare	1931	52
Istituto Geografico Militare	1958	53



Fig. 47, Masetti 1806

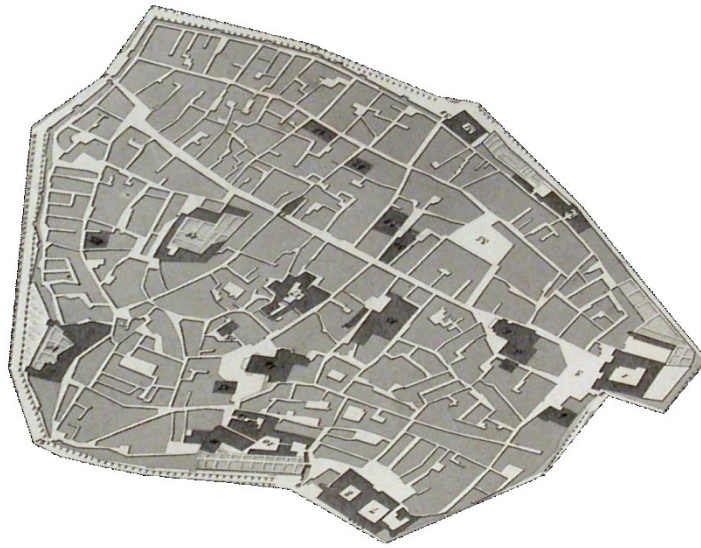


Fig. 48, Cominotti 1832

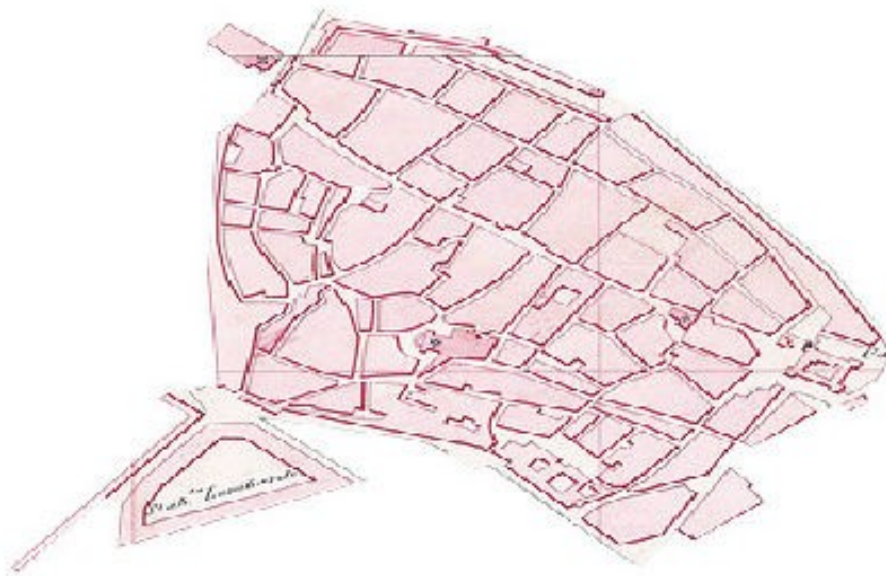


Fig. 49 De Candia 1847



Fig. 50 Quarto Reggimento 1857

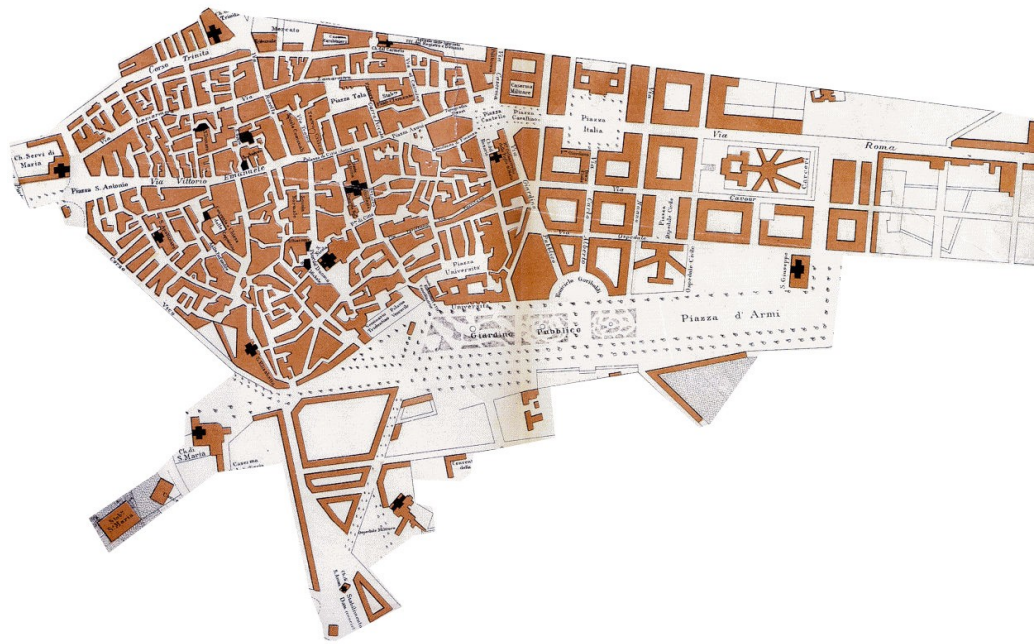


Fig. 51 Strafforello 1895



Fig. 52 IGM 1931



Fig.53 IGM 1958

La misura delle superfici è stata eseguita con la stessa funzionalità del software QGIS, ma questa volta impostato per misurare superfici. E' interessante notare come con il GIS si utilizza il mouse con la stessa logica con cui si utilizzava, prima del loro avvento, il planimetro⁶³.

Cartografo	anno	Superficie Km²
Giovanni Massetti Raimondi	1806	0,432
Giuseppe Cominotti	1832	0,511
Carlo de Candia	1847	0,675
Quarto Reggimento	1857	0,596
Gustavo Strafforello	1895	0,910
Istituto Geografico Militare	1931	3,360
Istituto Geografico Militare	1958	4,332

⁶³ Il planimetro è uno strumento meccanico che consente la misurazione dell'area di una figura piana disegnata in scala. Era molto usato in tutte le applicazioni tecnico-scientifiche che richiedono la misurazione di un'area irregolare, dalla biomedicina all'ingegneria, alla topografia

6. Conclusioni e sviluppi futuri

Ricordando che l'obiettivo dello studio era il saggiare le potenzialità di alcuni software open source per condurre studi sulla cartografia storica della città di Sassari, come sicuramente di qualsiasi altra città, si può semplicemente concludere che i risultati sono abbondantemente positivi. Infatti qualsiasi operazione è stata richiesta ai diversi software (MapAnalyst, GIMP e QuantumGIS) è stata risolta. Si deve però evidenziare che talvolta si sono dovute superare alcune difficoltà dovute ad una certa "macchinosità" del software e la mancanza di manuali organici non hanno aiutato. Ma questo è un limite già noto nei software open source. Per quanto concerne l'hardware utilizzato, anche in questo caso si è trattato di un personal computer assolutamente normale. Le uniche attenzioni che si sono prestate sono quelle di dotarlo di un UPS⁶⁴ e di un disco esterno per i backup⁶⁵. Per quanto concerne la stampa della carte, a causa del loro formato e nel caso si vogliano stampa con il rapporto di 1 a 1 rispetto l'originale, si deve disporre di un plotter A0 o ricorre a service esterni.

Un secondo aspetto di assoluto rilievo è quello economico. Infatti tutta la ricerca non ha avuto alcun costo se non i diritti per l'acquisizione di qualche carta (ad esempio quelli versati all'IGM). Questo aspetto è tutt'altro che secondario e supera le inevitabili difficoltà operative.

Il prossimo passo in questo studio sarà quello di utilizzare sempre software libero per la pubblicazione del GIS su WEB, il c.d. *WEBGIS* quindi l'estensione al web degli applicativi nati e sviluppati per gestire la cartografia numerica. Un progetto WebGIS si distingue da un progetto GIS

⁶⁴ UPS, Uninterruptible Power Supply o gruppo statico di continuità è un'apparecchiatura utilizzata per mantenere costantemente alimentati elettricamente in corrente alternata apparecchi elettrici.

⁶⁵ Con il termine backup si indica la replicazione su un qualunque supporto di memorizzazione di materiale informativo archiviato nella memoria di massa dei computer al fine di prevenire la perdita definitiva dei dati in caso di eventi malevoli accidentali o intenzionali. Si tratta dunque di una misura di ridondanza fisica dei dati.

per le specifiche finalità di comunicazione e di condivisione delle informazioni con altri utenti. Con i WebGIS le applicazioni GIS tradizionalmente sviluppate per utenze stand-alone o in ambienti LAN possono essere implementate su web server (anche detto *map-server*) consentendo l'interazione attraverso internet con la cartografia e con i dati ad essa associati. Gli esempi più noti di WebGIS sono gli applicativi web per la localizzazione cartografica, gli stradari oppure gli atlanti on-line. Le applicazioni WebGIS sono utilizzabili attraverso i browser internet, talvolta con l'impiego di specifici *plugin*⁶⁶, oppure per mezzo di software distinti come Google Earth. Altri esempi tipici di applicazioni GIS pubblicate in versione WebGIS sono i sistemi informativi territoriali (SIT) delle Regioni e di diversi Comuni: questi rendono accessibili ai cittadini informazioni di carattere ambientale, urbanistico, territoriale offrendo una navigazione su base cartografica delle stesse.⁶⁷

⁶⁶ Il plugin in campo informatico è un programma non autonomo che interagisce con un altro programma per ampliarne o estenderne le funzionalità originarie. Ad esempio, un plugin per un software di grafica permette l'utilizzo di nuove funzioni non presenti nel software principale.

⁶⁷ <https://it.wikipedia.org/wiki/WebGIS>

7. APPENDICE

7.1 Software open source

Per realizzare il presente lavoro si è deciso di utilizzare, per quanto possibile, dei software specialistici gratuiti *open source*. In informatica, il termine inglese *open source* (che significa sorgente aperta) indica un software di cui gli autori (più precisamente, i detentori dei diritti) rendono pubblico il *codice sorgente*⁶⁸, favorendone il libero studio e permettendo a programmatori indipendenti di apportarvi modifiche ed estensioni. Questa possibilità è regolata tramite l'applicazione di apposite licenze d'uso. Il fenomeno ha tratto grande beneficio da Internet, perché esso permette a programmatori distanti di coordinarsi e lavorare allo stesso progetto.

Open source e *software libero*, seppure siano sovente utilizzati come sinonimi, hanno definizioni differenti: l'*Open Source Initiative*⁶⁹ ha definito il termine "open source" per descrivere soprattutto libertà sul codice sorgente di un'opera. Il concetto di software libero descrive più generalmente le libertà applicate ad un'opera, ed è prerequisito che il suo codice sia consultabile e modificabile, rientrando generalmente nella definizione di open source.

I vantaggi principali dell'utilizzo di un software open source si possono sintetizzare in:

1. Nessun costo per l'acquisto delle licenze;
2. Indipendenza dai fornitori;

⁶⁸ Il codice sorgente (spesso detto semplicemente sorgente o codice o listato), in informatica, è il testo di un algoritmo di un programma scritto in un linguaggio di programmazione da parte di un programmatore in fase di programmazione, compreso all'interno di un file sorgente. Esso definisce dunque il flusso di esecuzione del programma stesso.

⁶⁹ La *Open Source Initiative* è un'organizzazione, fondata nel febbraio 1998, dedicata a promuovere software open source. La sua fondazione ebbe luogo quando la *Netscape Communications Corporation* pubblicò il codice sorgente del suo prodotto principale, il *Netscape Communicator*, come free software a causa della progressiva riduzione dei margini di profitto e della competizione con il programma Internet Explorer di Microsoft.

3. Soluzioni flessibili, scalabili e personalizzabili;
4. Ricca documentazione su internet;
5. Contribuzione alla diffusione ed evoluzione dell'informatica libera.

Malgrado gli innegabili vantaggi, ci sono alcune limitazioni:

1. Mercato instabile;
2. Richiede degli utilizzatori esperti;
3. Richiede tempi di realizzazione maggiori.

La scelta di software open source è stata dettata dalla esigenza, sempre più sentita, di ridurre, per quanto possibile, i costi generali delle attività di ricerca. Infatti i costi di licenza per l'utilizzo di software proprietari sta raggiungendo dei livelli tali che una istituzione scientifica accademica, ancor più se in ambito umanistico, cerca di risparmiare per destinare i finanziamenti ai costi propri della ricerca. Inoltre il più delle volte al costo iniziale per la licenza, si devono aggiungere i costi annuali per il suo rinnovo, anche se nella norma, grazie al rinnovo, sia ha una costante aggiornamento del software stesso mentre nel caso dell'open source l'aggiornamento è dato da tutta la comunità mondiale di sviluppatori e quindi senza una tempistica regolare. Uno degli obiettivi principali di questo lavoro è proprio quello di cercare di dimostrare che anche con un software open source si possono raggiungere risultati comparabili con i migliori software proprietari. Nella scelta dei diversi pacchetti ci si è orientati verso quelli che, a giudizio della comunità degli utilizzatori, sono i più avanzati, assolutamente confrontabili con quelli proprietari e, come ultima opzione, in italiano, ciò per rendere ancora più semplice il loro utilizzo, anche se non si può dire siano il più delle volte intuitivi. A questo proposito vengono in soccorso anche i diversi blog tematici presenti sulla rete.

Per il presente lavoro sono stati utilizzati i seguenti pacchetto software:

1. Elaborazioni di immagini: GIMP,

2. Sistema informativo Geografico: Quantum Gis
3. Analisi cartografia storica: MapAnalyst

7.2 Software di elaborazione immagini

Per l'elaborazione delle immagini digitali si è utilizzato il software GIMP⁷⁰. Questo software è un GNU Image Manipulation Program, un'applicazione di Software Libero coperta dalla licenza General Public License (GPL)⁷¹. La licenza GNU garantisce agli utenti la libertà di accesso e di modifica del codice sorgente del programma a cui è applicata. La prima versione del GIMP è stata scritta da Peter Mattis e Spencer Kimball.

GIMP è uno strumento multiplatforma per l'elaborazione di immagini, adatto ad una grande varietà di differenti elaborazioni di immagine inclusi il foto ritocco, la composizione e la creazione di immagini. GIMP è molto flessibile, può essere usato come semplice programma di disegno, come programma per il fotoritocco professionale, come sistema di elaborazione batch in linea, come restitutore di immagini prodotte automaticamente, come convertitore di formati di immagine e altro ancora. Come tutti i software free GIMP è espandibile ed estensibile. Infatti è stato progettato per essere ampliato con plug-in ed estensioni per fare praticamente qualsiasi cosa. L'interfaccia avanzata di scripting semplifica la conversione in procedura

⁷⁰ <https://gimpitalia.it/>

⁷¹ La *General Public License*, comunemente indicata con l'acronimo GNU GPL o semplicemente GPL, è una licenza fortemente copyleft per software libero, da utilizzare con programmi creati per il sistema operativo GNU. Infatti, a differenza di altre licenze libere non-copyleft, un'opera protetta da GNU GPL deve rimanere libera, ovvero col susseguirsi delle modifiche deve continuare a garantire ai suoi utenti le cosiddette quattro libertà essenziali:

- Libertà di eseguire il programma come si desidera, per qualsiasi scopo (libertà 0).
- Libertà di studiare come funziona il programma e adattarlo alle proprie necessità (libertà 1).
- Libertà di ridistribuire copie in modo da aiutare il prossimo (libertà 2).
- Libertà di migliorare il programma e distribuirne pubblicamente i miglioramenti, in modo tale che tutta la comunità ne tragga beneficio (libertà 3).

Per consentire queste libertà, l'accesso al codice sorgente è un prerequisito essenziale.

dal compito più semplice fino all'elaborazione di immagini più complessa. Uno dei vantaggi del GIMP è la sua libera disponibilità per molti sistemi operativi: Linux, Microsoft Windows o Apple Mac OS. Le versioni di GIMP sono attualmente gestite da Sven Neumann, Mitch Natterer e molte altre persone facenti parte del gruppo del GIMP-Team.

Per questo lavoro è stata utilizzata la versione di GIMP 2.8.18

Una tipica videata del software GIMP è rappresentata nella figura 54.

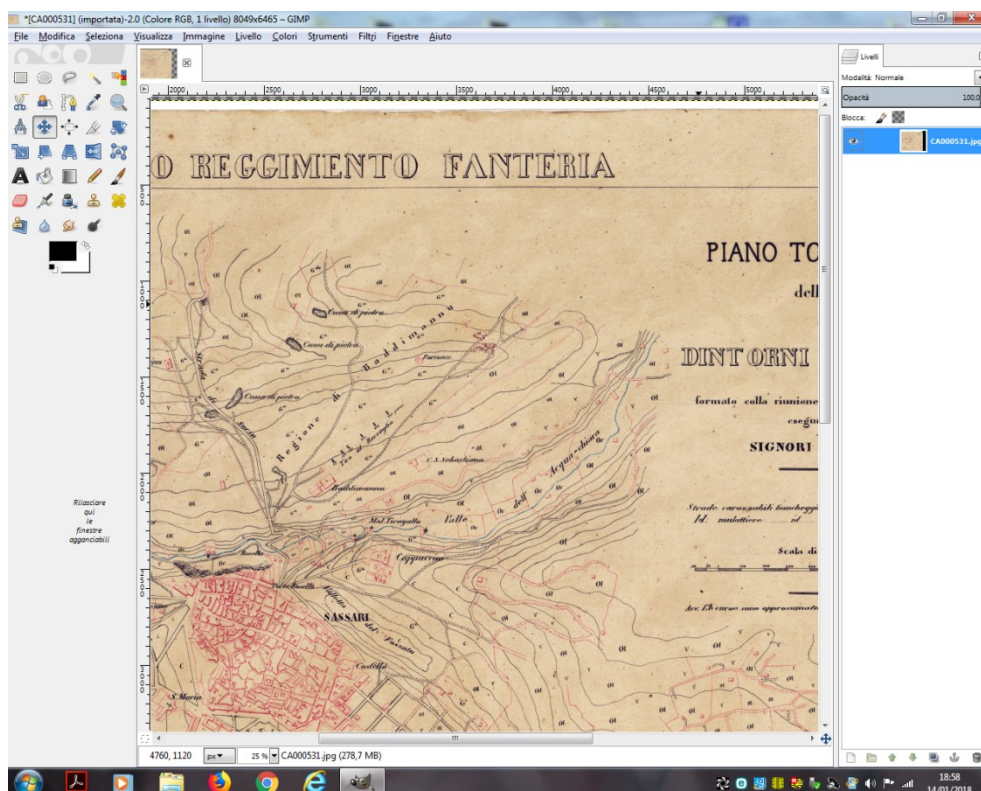


Fig.54 Videata del software GIMP

7.3 Software di analisi di carte geografiche storiche

Per lo studio della caratteristiche geometriche e della precisione di vecchie carte redatte prima dell'avvento della geodesia è stato messo a punto il software MapAnalyst⁷². Il suo scopo principale è calcolare le griglie di

⁷² <https://www.mapanalyst.org>

distorsione e altri tipi di visualizzazioni che illustrano la precisione geometrica e la distorsione delle vecchie mappe. MapAnalyst utilizza coppie di punti di controllo su una vecchia mappa e su una nuova mappa di riferimento di cui sono note le coordinate topografiche. La mappa di riferimento utilizzata è quella OpenStreetMap⁷³. I punti di controllo vengono utilizzati per costruire griglie di distorsione, vettori di spostamento, cerchi di precisione e isoline di scala locale e rotazione. Come sottoprodotto, MapAnalyst calcola anche la scala, la rotazione e gli indicatori statistici della vecchia mappa. MapAnalyst è software gratuito e open-source. Per il presente lavoro è stata utilizzata la versione di MapAnalyst 1.3.28 del 15-lug-2017 19.09.43

Una tipica videata del software MapAnalyst è rappresentata nella figura 55.

⁷³OpenStreetMap (OSM) è un progetto collaborativo finalizzato a creare mappe a contenuto libero del mondo. Il progetto punta ad una raccolta mondiale di dati geografici, con scopo principale la creazione di mappe e cartografie. La caratteristica fondamentale dei dati geografici presenti in OSM è che possiedono una licenza libera, la Open Database License. È cioè possibile utilizzarli liberamente per qualsiasi scopo con il solo vincolo di citare la fonte e usare la stessa licenza per eventuali lavori derivati dai dati di OSM

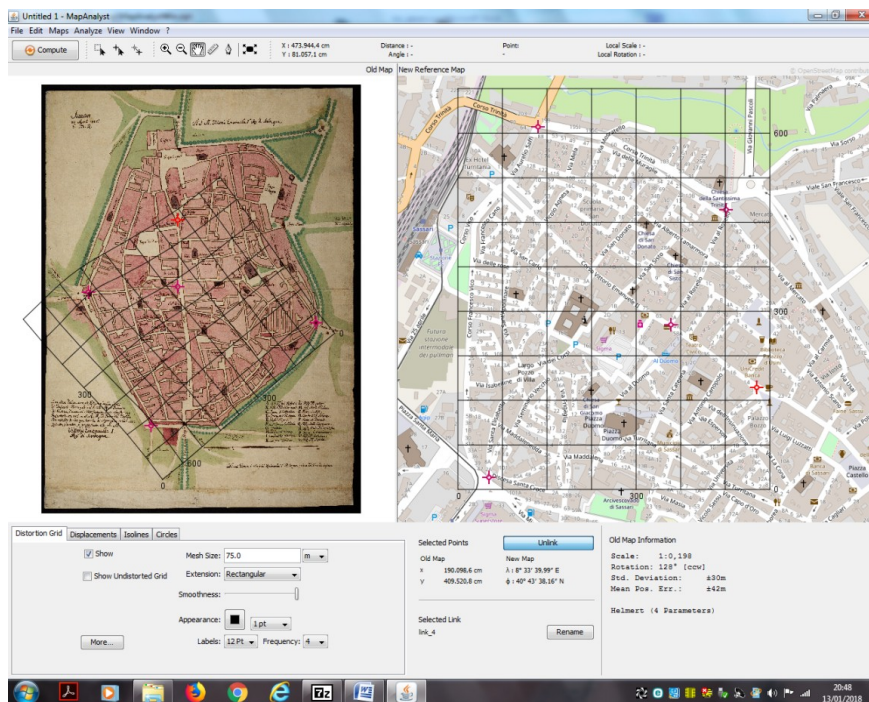


Fig.55 Videata del software MapAnalyst

7.4 Software GIS

Quantum GIS (QGIS)⁷⁴ è un GIS Desktop open-source per la gestione, visualizzazione, modifica, analisi di dati geografici. QGIS funziona su Linux, Unix, Mac OSX e Windows e supporta formati di dati vettoriali, raster ed i database. QGIS è rilasciato con licenza GNU Public License, è scritto in C++, mentre l'interfaccia grafica utilizza la libreria Qt. QGIS permette l'integrazione di plugin sviluppati in C++ o in Python. Il progetto QGIS nasce ufficialmente nel Maggio 2002 ad opera di Gary Sherman, che nel febbraio 2002 inizia a cercare un visualizzatore GIS per Linux che fosse veloce e supportasse svariati formati di dati. Questa esigenza, insieme all'interesse nello sviluppare un'applicazione GIS, portò alla creazione del progetto, che fu ospitato su SourceForge nel Giugno del 2002. Il primo codice fu reso disponibile il 6 Luglio 2002 e la prima release, venne rilasciata il 19 Luglio 2002. Le funzionalità di base del QGIS sono:

⁷⁴ <https://www.qgis.org/it/site/>

- gestire, modificare e creare una varietà di dati geografici, inclusi gli shapefile ESRI, PostgreSQL/PostGIS, GRASS o GeoTiff;
- supporta dati vettoriali⁷⁵ e raster⁷⁶;
- creare plugin personalizzati ed applicazioni GIS utilizzando Python o C++;
- creare dei layout di stampa;
- supporta plugin per importare dati in testo delimitato, scaricare track, route e waypoint da un GPS, visualizzare layer da servizi OGC WMS e WFS;

Una tipica videata del software Qgis è rappresentata nella figura 56.

Per questo lavoro è stata utilizzata la versione di Qgis 2.18.2 “Las Palmas”.

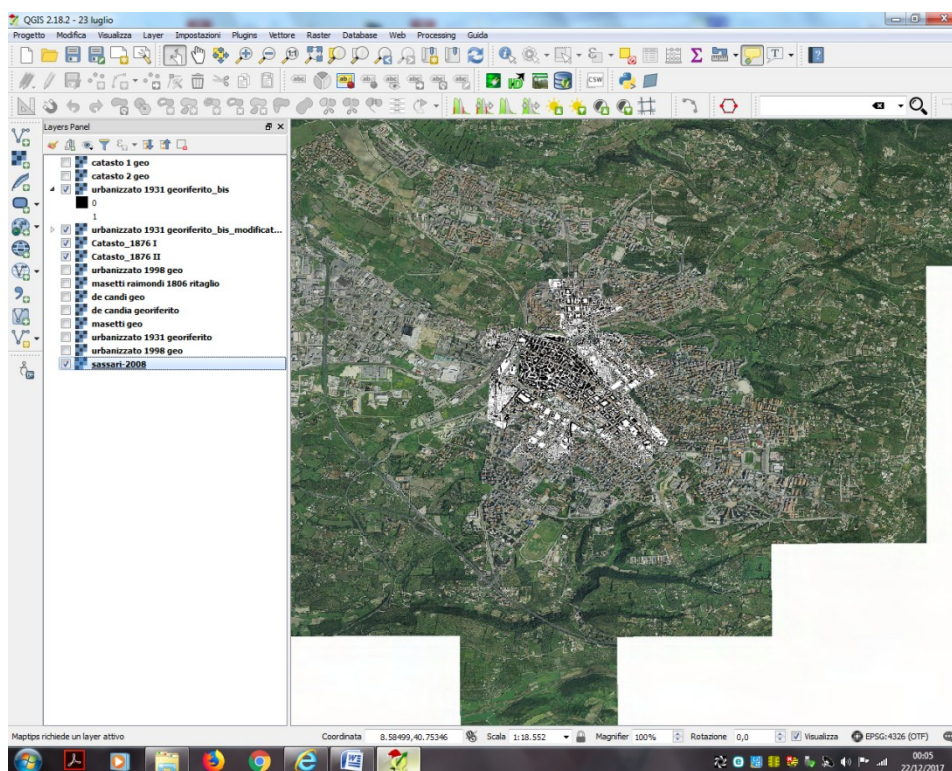


Fig.56 Videata del software QGIS

⁷⁵ Nella *grafica vettoriale* un'immagine è descritta mediante un insieme di primitive geometriche che la definiscono.

⁷⁶ Nella *grafica raster* le immagini vengono descritte come una griglia di pixel opportunamente colorati ai quali possono essere attribuiti colori e anche sfumature.

8. Bibliografia citata e consultata

- Alziator F., *La raccolta Cominotti*, De Luca Editore, 1963;
- Azzari M., Calloud I., Zamperlin P., *Archivi digitale della Cartografia coloniale e delle Esplorazioni italiane*, 18° Conferenza ASITA, Firenze 14 - 16 ottobre 2014;
- Baldacci O., *Una carta geografica seicentesca della Sardegna in redazione spagnola*, *Rivista Geografica Italiana*, Annata LXXX – Fasc. IV, Dicembre 1973;
- Baiocchi V., et all., *Conoscere il passato per governare il presente: un confronto tra cartografia storica e moderna per lo studio del centro di Roma*, 16° Conferenza ASITA, Vicenza 6 – 9 novembre 2012;
- Baiocchi V., et all., *Assessing the accuracy of historical maps of cities: methods and problems*, Università Roma Tre, “Città e Storia” IX 2014;
- Baldacci O., *La Sardegna nella “Tabula Peutingeriana”*, Studi Sardi, Sassari 1955-57 parte II;
- Barzaghi R., Carrion D., Migliaccio F., Minini G., Zambrano C., *Strumenti GIS per il supporto agli studi storici: una proposta per l'innovazione dei metodi di ricerca*, 16° Conferenza ASITA, Vicenza 6 - 9 novembre 2012;
- Bayer T., Cabelka M., Patuckova M., *Cartometric Analysis of Vogt's Map*, GIS Ostrava 2009;
- Bertarelli L.V., *Guida d'Italia del Touring Club Italiano: Sardegna*, Prima Edizione, CTI Milano 1918;
- Bernhard J., *MapAnalyst – A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps*, e-Perimtron vol1 n°3, Summer 2006;
- Bernhard J., Weber A., Hurni L., *Visualizing the planimetric accuracy of historical maps with MapAnalyst*, *Cartographica*, vol. 42 n°1;
- Bitelli G., Gatta G., *Esperienze di georeferenziazione ed elaborazione digitale di una carta di Bologna del '700*, 11° Conferenza ASITA, Torino 6 – 9 novembre 2007;

- Bonifacio L. F., *Punto ideale in Sardegna*, Associazione Amici degli Artigiani Onlus, Cagliari 2002;
- Burrough P.A. 1986 - *Principles of geographical information systems for land resource assessment*, Clarendon Press, Oxford, U.K;
- Caddia O., et all., *Archivio storico aerofotogrammetrico della Città di Torino: plugin di visualizzazione del dato fotografico in ambiente GIS*, 19° Conferenza ASITA, Lecco 29, 30 settembre – 1 ottobre 2015;
- Carrion D., Migliaccio F., Minini G., Zambrano C., *Rappresentazione cartografica e condivisione di dati storici in ambiente GIS*, 17° Conferenza ASITA, Riva del Garda 5 - 7 novembre 2013;
- Costa E., *Sassari*, Ed. Gallizzi 1992;
- Ferrai Coccu Ortu M., Ferrante C., *Le carte dell'Archivio di stato di Cagliari nel web: riflessioni sulle esperienze di digitalizzazione*, Presentazione all'incontro Archivi e biblioteche: dalla memoria del passato al web, Cagliari 25 – 26 novembre 2009;
- Jenny B., *MapAnalyst û A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps*, ePerimeton, vol. 1, nr 3, Summer 2006;
- della Maggiore R., Fresco R., Mura E., Perrotto E., *Georeferenziazione di carte storiche*, 5° Conferenza ASITA, Rimini 9 - 12 ottobre 2001;
- Laureti L., *Considerazioni sugli aspetti della cartografia topografica italiana pre-unitaria*, 15° Conferenza ASITA, Reggio di Colorno, 15 - 18 novembre 2011;
- Maciocco G. (a cura di...), *Il Territorio della Città, Sassari ipotesi di integrazione tra area centrale e territorio esterno*, Edizioni della Torre 1985;
- Mastronunzio M., *Analisi dell'accuratezza geometrica della cartografia storica a grande scala. L'evoluzione della rappresentazione dell'alveo dell'Adige*, 14° Conferenza ASITA, Brescia 9-12 novembre 2010;

- Marussi A., *La tradizione cartografica italiana, Come si crea una carta topografica moderna, Nuovi orizzonti per la geodesia*, Istituto Geografico Militare, Firenze 1950;
- Mauro G., *Distorsione geometriche della cartografia storica: analisi di alcune cartografie realizzate tra il 1500 e il 1700 relativa al golfo di Trieste*, Bollettino A.I.C. nr. 138/2010;
- Minini G., *Georeferenziazione, analisi e gestione di dati da documenti d'archivio: tecnologie GIS e geoservizi per la cartografia storica*, Politecnico di Milano, tesi dottorato di ricerca XXVIII ciclo 2015/2016;
- Mori Att., *Come fu costruita la carta topografica del Regno*, T.C.I. Le vie d'Italia, 1923;
- Mori Att., *Alcune notizie sulla Biblioteca dell'Istituto Geografico Militare*, Comunicazione al Congresso Mondiale delle Biblioteche e di Bibliografia, Roma, giugno 1929;
- Mori Att., *La cartografia ufficiale in Italia e l'Istituto Geografico Militare: notizie storiche*, Ed. Stabilimento poligrafico per l'amministrazione della guerra, Roma, 1922;
- Noti V., *GIS open source per geologia e ambiente*, Dario Flaccovio Editore 2016;
- Orlando G. F., *Thatharj pietra su pietra*, Ed. Chiarella Sassari 1985;
- Pretucci C., *Progetto di massima per il piano regolatore di Sassari*, Rivista di Architettura, gennaio 1941;
- Piloni L., *Carte geografiche della Sardegna*, Edizione della Torre, Cagliari 1997;
- Principe I., *Le città nella storia d'Italia: Sassari, Alghero*, Ed. Laterza Bari 1983;
- Principe I., *Le città nella storia d'Italia: Cagliari*, Ed. Laterza Bari 1981;
- R. Corpo di Stato Maggiore Generale, *Cenni intorno alla formazione della Carta Topografica degli Stati di S.M. il Re di Sardegna in Terraferma*, Stabilimento Tipografico Fontana, Torino 1841;

- Reg. Veneto, *Manuale per la compilazione dei metadati di dati territoriali secondo lo standard ISO 10115*, Segreteria Regionale Ambiente e territorio, febbraio 2011;
- Schiavi A., *Vademecum, cartografico*, Sesta edizione, Ed. V&P Università, Milano 2002;
- Sechi Nuvole M., *Alberto della Marmora e Carlo De Candia cartografi pre-unitari della Sardegna*, Bollettino A.I.C. nr. 143/2011;
- Sechi Nuvole M., *Riordinamento del tributo fondiario prediale: il contributo di Alberto Ferrero della Marmora e di Carlo De Candia alla cartografia geodetica di Alghero (Prov. Di Sassari) e della Sardegna*, Espacio y Tiempo, Revista de Ciencias Humanas, nr. 24-2010;
- Strafforello G., *Geografia dell'Italia: SARDEGNA, La provincia di Sassari alla fine dell'ottocento*, Ed. Progetto Sardegna 1997;
- Strafforello G., *La Patria, Geografia dell'Italia, Sardegna, Corsica, Malta, i Mari d'Italia*, Unione Tipografico-Editrice, Torino, 1895;
- Terrosu Asole A., *Catalogo ragionato delle carte geografiche della Sardegna esistenti nella biblioteca comunale di Cagliari*, Studi Sardi, Sassari 1955-57 parte II;
- Testi E., *Come nasce una carta*, IGM 1970;
- Traversi C., *Tecnica Cartografica*, Istituto Geografico Militare, Firenze 1968;
- Valerio V., *La cartografia storica nell'analisi territoriale. Esame e considerazioni storiche sulla Fagianeria annessa al Real Palazzo di Portici*, L'Universo anno LXXXV (2005) n.1;
- Zambrano C., *Progettazione e realizzazione del Sistema Informativo Territoriale Geografico dell'Italia medioevale (XIII-XV sec)*, Politecnico di Milano, tesi dottorato di ricerca XXV ciclo 2013;

9. Sitografia

- Sardegna digital library: <http://www.sardegнадigitallibrary.it> ;
- Istituto Geografico Militare, Firenze: <https://www.igmi.org/>
- Wikipedia Enciclopedia Libera:
- <http://www.archivistoricovalcuvia.org/home>
- <https://www.gimp.org/>
- <https://books.google.it/>
- <https://www.qgis.org/it/site/>
- <http://www.touringclub.it/>
- <https://www.davidrumsey.com/home> collezione di cartografia storica online
- <https://www.oldmapsonline.org/> collezione di cartografia storica online
- <https://www.mapanalyst.org>
- <http://www.maphistory.info/index.html>
- <https://www.nga.mil/ABOUT/HISTORY/NGAINHISTORY/Pages/ArmyMapService.aspx>
- <http://www.lib.utexas.edu/maps/ams/>
- <http://sassaristoria.blogspot.it/search/label/-Home>
- <https://www.openstreetmap.org/#map=6/42.088/12.564>