

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dipartimento di Architettura (DA)

Laurea Magistrale in Ingegneria dei processi e dei sistemi edilizi

Curriculum di Gestione del processo edilizio
nel recupero di edifici storici

Tesi di Laurea

RILIEVI DIGITALI E MODELLI 3D PER LA DOCUMENTAZIONE,
L'ANALISI E IL PROGETTO DI PALAZZO BESTA DE' GATTI A
CHIURO (SO). APPLICAZIONI ED ESEMPI PER IL RIUSO COME
CANTINA VINICOLA.

Relatore:
Ing. Luca Cipriani

Candidata:
Sarah Hochstetter

Anno Accademico: 2018/2019



INDICE

1. INTRODUZIONE - ABSTRACT	3
2. CASO STUDIO: PALAZZO BESTA DE' GATTI - CHIURO	5
2.1 Cenni storici del contesto: Chiuro	5
2.2 Caratteristiche dell'architettura valtellinese	12
2.3 Cenni storici del palazzo	17
2.4 Bibliografia	20
3. TECNICHE DI RILEVAMENTO TRIDIMENSIONALE	21
3.1 Il laser scanner: principi di funzionamento e caratteristiche	22
3.1.1 Concetti di base	22
3.1.2 Il laser	23
3.1.3 Il laser scanning	26
3.2 Strumentazione utilizzata nella campagna di rilevamento	29
3.2.1 Leica ScanStation C10	29
3.2.2 Faro Focus3D X130	30
3.2.3 Strumentazioni a confronto	31
3.3 Campagna di rilevamento	32
3.3.1 Elaborazione eidotipo	34
3.3.2 Posizionamento dei target	35
3.3.3 Il rilievo con il laser scanner	36
3.4 Elaborazione dei dati	41
3.4.1 Operazioni preliminari	41
3.4.2 Registrazione	43
3.4.3 Modello 3D ottenuto	49
3.5 Cenni di fotogrammetria	50
3.6 Bibliografia	52
4. RESTITUZIONE BIDIMENSIONALE E TRIDIMENSIONALE PER L'ANALISI ARCHITETTONICA	55
4.1 Dal modello tridimensionale a quello bidimensionale	55
4.2 Modello tridimensionale come base per l'analisi	57
4.3 Descrizione del palazzo e analisi degli elementi architettonici tramite lettura degli elaborati grafici	58
4.3.1 Facciata su via Rusca	58
4.3.2 Facciata su via Opifici	61

4.3.3 Torre-colombaia	66
4.3.4 L'interno del palazzo	73
4.3.5 Il piano delle cantine e gli spazi esterni	82
4.4 Bibliografia	88
5. PROPOSTE GRAFICHE PER UN RIUSO DEL PALAZZO	91
5.1 Elaborazione grafica dal bidimensionale al tridimensionale: analisi distributiva degli spazi per il riuso del palazzo come cantina vinicola	92
5.1.1 Schemi distributivi e analisi funzionale degli spazi	92
Percorso conoscitivo del vino	94
Percorso nelle vigne	99
Area ristorativa	99
Attività private	101
Collegamenti	102
5.1.2 Elaborazione grafica degli schemi distributivi	104
5.2 Modellazione tridimensionale di viste renderizzate	106
5.2.1 Dalla nuvola di punti alle mesh poligonali	106
5.2.2 Realizzazione delle viste renderizzate	110
5.3 Bibliografia	114
6. Conclusioni	115



1. INTRODUZIONE - ABSTRACT

Il rilievo costituisce l'operazione preliminare per la comprensione e conoscenza profonda dell'elemento. Articolato nelle sue varie fasi, esso rappresenta il momento in cui il soggetto entra in contatto per la prima volta con l'oggetto da rilevare e ne acquisisce più informazioni possibili. Attraverso questa disciplina, infatti, è possibile individuare ed esplorare dal singolo elemento alla forma e composizione globale dell'elemento stesso, dalla sua struttura alla sua evoluzione temporale e spaziale. L'operazione metodologica del rilievo, quindi, ha come fine ultimo quello di riprodurre l'oggetto studiato attraverso la rappresentazione grafica, che costituisce la base per sviluppi, analisi e studi successivi.

La rappresentazione è il veicolo di comunicazione per eccellenza. Il modello digitale, frutto dell'operazione di rilievo, ha la funzione di presentare in forma solida tridimensionale quelle caratteristiche che nella loro rappresentazione bidimensionale non sempre risultano di chiara interpretazione da parte dei fruitori generici. Nella rappresentazione digitale, infatti, si ha il recupero della dimensione significativa dell'oggetto e di conseguenza è possibile avere una percezione migliore e più intuitiva di esso.

In questi ultimi anni il rilievo e l'elaborazione di modelli tridimensionali stanno acquisendo sempre maggiore rilevanza in ambito sia scientifico, che commerciale. Al giorno d'oggi è sempre più frequente assistere a restituzioni virtuali dell'ambiente circostante, applicate ai più svariati ambiti: la documentazione, conservazione, restauro virtuale, simulazione, animazione, cartografia, gestione territoriale, monitoraggio e molti altri.

In questo contesto si inserisce il rilievo tramite la tecnologia del laser scanner del Palazzo Besta De' Gatti a Chiuro (So). Attraverso la campagna di rilevamento e le successive fasi di elaborazione del materiale estrapolato, sono state ottenute delle restituzioni bi- e tridimensionali dell'edificio, che hanno permesso di leggere ed interpretare anche in un secondo momento (nella fase di post-elaborazione dei dati) il palazzo, la sua composizione generale e i suoi singoli elementi costitutivi.

Grazie alla possibilità di esplorare in maniera diretta in tempo reale il modello tridimensionale, risulta, infatti, molto più semplice l'analisi delle componenti del manufatto e della sua distribuzione spaziale e temporale.

In una fase successiva, si è deciso di utilizzare il modello digitale per un'analisi funzionale in ambito progettuale, nonché per la produzione di schemi tridimensionali e viste renderizzate, con l'obiettivo di evidenziare la sua utilità all'interno di una proposta di riuso. Questa proposta è stata concepita assieme alla proprietaria di casa Besta De' Gatti e ai ricercatori che collaborano al progetto "Le radici di una identità - Temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo", includendo attività e funzioni che il comune di Chiuro ha interesse ad incentivare.

La proposta prevede l'inserimento di una cantina vinicola, che si propone di far conoscere le tecniche di produzione e lavorazione del prodotto tipico per eccellenza della zona. Essa affida al modello tridimensionale e agli elaborati bidimensionali il compito di comunicare visivamente la sua distribuzione spaziale e l'impatto che avrebbe sul palazzo, in un incontro tra la preesistenza e il nuovo.



2. CASO STUDIO: PALAZZO BESTA DE' GATTI – CHIURO

2.1 Cenni storici del contesto: Chiuro

Chiuro, borgo antico e fiero, è situato nella media Valtellina sulla sponda destra del fiume Adda. Il ritrovamento di due massi incisi sulle balze di Castionetto e di altre due pietre incise attesta la presenza di insediamenti umani già dall'età preistorica. In età augustea i Romani si insediarono in Valtellina e stabilirono alcuni villaggi a Chiuro, grazie alla sua posizione sulla strada di valle. In seguito alla disgregazione dell'Impero Romano d'Occidente la cittadina fu interessata da invasioni delle popolazioni germaniche e nel medesimo V secolo si collocò la prima penetrazione del cristianesimo nella valle e la prima divisione della Valtellina e Valchiavenna in pievi. Chiuro, dopo il Mille, venne inglobata nella pieve di San Pietro in Tresivio.

Nel 568 i Longobardi irruperono e conquistarono la valle, ma il loro dominio effettivo si concretizzò solamente nel VIII secolo. Essi introdussero il sistema della "curtis" ovvero di cellula tendenzialmente autosufficiente, costituita da un nucleo centrale, controllato dal signore (dominus), e dai terreni circostanti coltivati (mansì).

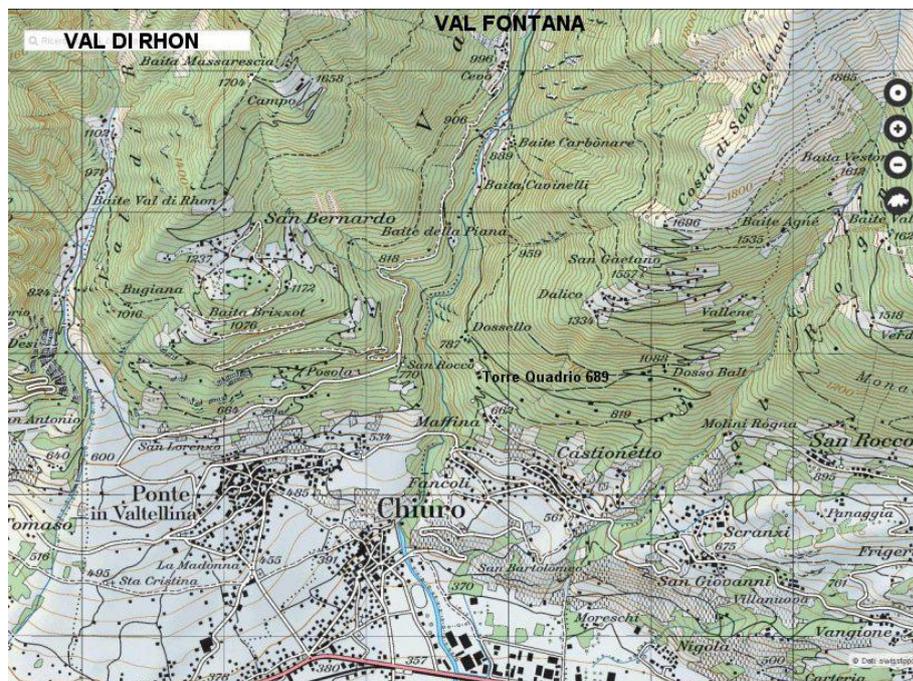


Fig 1.2. Carta del territorio comunale. Credits: <https://map.geo.admin.ch>

La Valtellina e la Valchiavenna furono donate alla chiesa di Como: iniziò così quel forte legame tra Valtellina e Como che tuttora permane in ambito religioso.

Nel 774 i Longobardi furono sconfitti da Carlo Magno e la Valtellina fu sottoposta alla dominazione franca e nell'anno successivo venne in parte ceduta all'abbazia di St. Denis a Parigi, a cui rimase legata fino al X secolo. Nel 918 comparve per la prima volta il nome del paese, nell'espressione "in Clure", in un atto di vendita.

Il secolo XII fu di fondamentale importanza per Chiuro, in quanto giunsero da Como alcune famiglie illustri, che segnarono la storia del paese, prima fra tutte quella dei Quadrio, destinata a diventare punto di riferimento per tutti i ghibellini della Valtellina e a fare di Chiuro un paese sempre fedelmente schierato a questa fazione. La loro presenza portò a un moto di sviluppo e di progressiva emancipazione del comune dalla pieve di Trevisio. Questo processo iniziò nel Duecento, quando Chiuro ottenne un sacerdote che reggeva le chiese di San Giacomo e Sant'Andrea e divenne probabilmente comune autonomo con un podestà nominato da Como. La struttura del comune era articolata in un consiglio di comunità presieduto dalla figura del decano e composto da cinque consiglieri, uno per ogni quadra. Questo consiglio aveva il compito di amministrare i beni patrimoniali, le taglie, le tasse e le relative modalità di riscossione, le spese e i lavori per il bene comune e nominava gli agenti di comunità (come il notaio, il cancelliere, gli esattori, etc.). Nel 1335 Como, e con essa la Valtellina e la Valchiavenna, vennero inglobate nella signoria di Azzone Visconti e la valle fu riorganizzata amministrativamente con l'Atto degli Statuti di Como.

Nel Quattrocento si concluse il processo che diede piena autonomia a Chiuro, con il distacco dalla pieve di Trevisio. Questo secolo fu, inoltre, segnato dall'affermazione di uno dei protagonisti più famosi della storia di Chiuro nonché di Stefano Quadrio (A. Bombardieri Della Ferrara):

Guerriero abile, uomo forte e privo di scrupoli nel raggiungere i propri obiettivi, calcolava ogni sua azione con freddezza e determinata razionalità. Attraverso la sua opera di condottiero, di uomo politico ed imprenditore deve essere vista la storia chiurasca della prima metà del XV secolo [...]



Egli viene ricordato, in particolare, per il suo fondamentale contributo nella vittoria della battaglia di Delebio nel 1432, che vide le milizie ducali scontrarsi con quelle veneziane per il controllo della valle, considerata un nodo strategico di collegamento con i territori germanici. Stefano Quadrio ereditò dal padre Gaudenzio il ricco patrimonio fondiario, si dedicò al commercio e abitò nel Palazzo Fortificato, ubicato nella piazza principale di Chiuro, e nel castello di Sazzo. La seconda metà del Quattrocento fu caratterizzata dal tramonto della Signoria dei Visconti e dall'affermazione di quella degli Sforza. I Quadrio espressero fedeltà ai Duchi milanesi e ottennero da loro importanti benefici. In questi anni Chiuro assunse il volto urbanistico ancora oggi riconoscibile; in esso è possibile riconoscere in particolare: le diffuse case-torre, arricchite di elementi architettonici che rimandano ai modelli provenienti dalla cultura lombarda e al gotico internazionale, le lobbie in legno finemente intagliate e le camere pictae, che celebrano l'alto livello sociale ed economico raggiunto dalla nobiltà locale.



Fig 2-3.2. A sinistra il portale originale del palazzo Quadrio de Maria Pontaschelli, a destra lo stemma originale della famiglia. Credits: Libro Chiuro.

Dal 1500 per i dodici anni successivi il ducato di Milano cadde in mano al dominio francese di Luigi XII. Il loro dominio, però, per dispotismo ed arroganza, lasciò un pessimo ricordo. Il suo rovescio e l'inizio della dominazione delle Tre Leghe Grigie nel 1512 venne, così, accolto con un certo sollievo. I nuovi signori promisero un dominio saggio e rispettoso delle autonomie della valle e una conservazione delle consuetudini e dei privilegi locali. Tuttavia, nel 1526, per evidenziare la loro intolleranza verso le insubordinazioni, abbattono alcune fortificazioni della Valtellina e della Valchiavenna. Le Tre Leghe concessero comunque alle valli un alto grado di autonomia, seppure in condizioni di subordinazione; non vi furono gravi attriti con i dominanti e Chiuro continuò a godere di un discreto benessere economico. Il paese, inoltre, in questo periodo, conobbe una notevole attività edilizia di un certo livello artistico. A questi anni risalgono la porta d'ingresso al recinto sacro nonché il cimitero di San Giacomo (1522) e il portichetto della confraternita dei Disciplini con l'annessa cappella, le cui pareti sono rivestite di dipinti della fine del XV e della seconda metà del XVI secolo. La chiesa venne, inoltre, arricchita del coro ligneo intagliato e intarsiato (1527) e del tabernacolo in marmo di scuola rinascimentale lombarda.

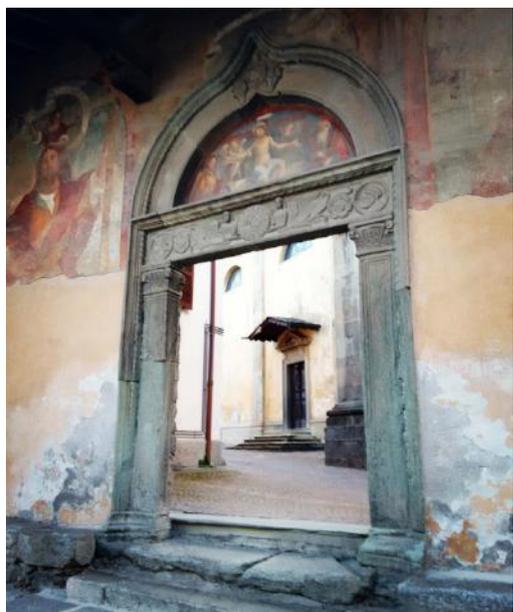


Fig 4-5.2 . A sinistra la porta d'ingresso al Sagrato in Piazza Stefano Quadrio, a destra le chiese dei SS. Giacomo ed Andrea a Chiuro. Credits: sito LombardiaBeniCulturali.



Poi venne il Seicento, secolo travagliato e segnato da avvenimenti. Nel 1618 ebbe inizio in Europa la Guerra dei Trent'anni, in cui la Valtellina e la Valchiavenna furono coinvolte quali nodi strategici tra Italia e il mondo germanico. Nel 1620 si scatenarono la nobiltà cattolica, la sollevazione antigrigione e la caccia ai protestanti (nota come il "sacro macello valtellinese"). Fu questo l'inizio di un periodo ventennale di campagne militari e battaglie fra i due schieramenti contrapposti dei grigioni e Francesi, da una parte, e Imperiali e Spagnoli dall'altra. Queste vicende belliche ebbero termine provvisorio con il Trattato di Monzon (1626), che rese la Valtellina una repubblica quasi libera, con proprie milizie e governo, ma soggetta ad un tributo nei confronti dei grigioni. Questo periodo di pace fu interrotto dal passaggio dei Lanzichenecchi, che portò con sé un'epidemia di peste (descritta a Milano dal Manzoni nei Promessi Sposi) negli anni 1630-1631 e negli anni 1635-1636. La popolazione della valle scese da 150'000 a circa 40'000 abitanti. Nonostante il periodo così critico venne edificato il Santuario della Madonna della Verità sulla via Valeriana nella campagna. L'inizio dei lavori risale al 1620 e nel 1629 il tempio fu consacrato e arricchito di opere plastiche di Andrea Casella. La guerra in Valtellina tornò a riaccendersi con le campagne del duca francese di Rohan, alleato dei grigioni, contro Spagnoli ed Imperiali. Il duca sconfisse con una serie di battaglie sia Spagnoli che Imperiali. Il peso di tutti questi scontri gravò molto anche su Chiuro, che vedeva la sua popolazione stremata sia economicamente che moralmente, a causa della peste. Nel 1637 ci fu un rovesciamento delle alleanze: i Grigioni si schierarono segretamente con la Spagna e l'Impero e cacciarono i francesi dal paese. Si crearono, così, le premesse per la pace e nel 1639 venne sottoscritto il Trattato che pose fine al conflitto per la Valtellina, nonché il Capitolato di Milano, con il quale i Grigioni tornarono in possesso della Valtellina e della Valchiavenna, dove però l'unica religione ammessa era quella cattolica. La seconda metà del secolo ed il successivo Settecento furono caratterizzati da un incremento del flusso migratorio verso i centri abitati maggiori.

A partire dal 1650 iniziò il rifacimento della chiesa parrocchiale secondo le indicazioni emanate dal Concilio di Trento, che fu intitolata ai santi Giacomo e Andrea. Questo edificio assunse nel tempo i caratteri del barocco sia nell'impianto che nella decorazione. Il completamento avvenne nei primi anni del Settecento con i dipinti sulla volta del presbiterio e dell'aula di Giuseppe Brina.

A partire dal Settecento la situazione economica migliorò progressivamente. Il benessere raggiunto dal ceto nobile si esprime anche nell'arricchimento delle dimore con ampi scaloni che conducevano al piano nobile. Qui si vennero a creare sale di ricevimento ornate di stucchi e dipinti. Si costruirono giardini con parterre in siepi di bosso e giochi d'acqua. Luoghi di delizia in relazione con il paesaggio terrazzato coltivato a vite (G. Baruta, 2016). Nonostante ciò crebbe progressivamente il malcontento contro il dominio verso le Tre Leghe Grigie, soprattutto per la loro pratica di mettere in vendita le cariche pubbliche; fu nel 1797, a seguito degli avvenimenti napoleonici, che vennero congedati i funzionari grigioni e si pose fine al loro dominio (Carugo, M. Aurora, 1982). Nello stesso anno la Valtellina si unì alla Repubblica Cisalpina e furono confiscate le proprietà dei grigioni nella valle. A partire da questo momento, sotto il dominio francese, che si rivelò oppressivo e contrario alle tradizioni delle valli, la Valtellina e i contadi persero definitivamente le loro autonomie locali ed entrarono in una drammatica crisi economica, che li portò ad una condizione di provincializzazione e di dipendenza dalla pianura metropolitana.

A seguito della caduta di Napoleone il Congresso di Vienna del 1815 sancì l'aggregazione del dipartimento d'Adda al Regno Lombardo-Veneto, sotto il dominio asburgico, che fu severo ma attento ad operare una buona amministrazione e una ordinata vita economica, garantita da un importante piano di interventi infrastrutturali che riguardava la rete stradale e l'arginatura di fiumi e torrenti.

Nonostante ciò però il periodo asburgico fu interessato da una serie di eventi che incisero pesantemente sull'economia della valle, come ad esempio il rigido inverno del 1816, che oltre a compromettere i raccolti, fu seguito da una grave carestia, alla quale



si unirono svariate epidemie di colera e della crittogama. Questi avvenimenti aprirono la strada al movimento migratorio, sia stagionale (verso Francia e Svizzera) che definitivo (verso le Americhe e l'Australia).

Nel 1848-49, con l'insurrezione asburgica a Milano e in Lombardia e lo scoppio della prima guerra d'Indipendenza, si distinse una seconda figura di spicco della storia di Chiuro, il patriota mazziniano Maurizio Quadrio, che definì il borgo "un caro nido". Dopo anni di attività politica fu nominato commissario di guerra, ma durante la Prima Guerra d'Indipendenza fu sconfitto e costretto al ritiro in esilio.

Nel 1861, terminata la Seconda guerra d'Indipendenza, Chiuro entrò a far parte del regno d'Italia e da quel momento la sua storia seguì e continua a seguire il corso delle vicende italiane (Giacomoni, Giorgio, 1968).

2.2 Caratteristiche dell'architettura valtellinese

Percorrendo l'area della media e bassa Valtellina è possibile osservare come i nuclei abitativi di fondovalle e quasi tutti quelli del versante retico siano caratterizzati da ampie corti aperte con arcate, ballatoi con strutture verticali in muratura e parapetti di legno (Benetti, 1993).

Nella media Valtellina, territorio in cui si colloca il comune di Chiuro, la tipologia degli insediamenti urbani e gli stessi edifici abitativi sono caratterizzati da modelli compatti a nucleo, costituiti generalmente in pietra, attorno a un sistema di riscaldamento denominato "camera a fumo". La differenza in risorse e soleggiamento dei versanti orobico e retico ha determinato lo sviluppo di tecnologie abitative con alcune variazioni, connesse alla necessità di adattarsi alle particolari condizioni microclimatiche dei versanti. L'area retica, caratterizzata da maggiore insolazione, si connota di edifici abitativi che tendono a svilupparsi in altezza e sono maggiormente unifamiliari o plurifamiliari multipiano. Sul versante orobico sorgono edifici spesso autonomi e separati dal rustico con stalla e fienile. Negli edifici sviluppati in altezza, i piani superiori sono raggiungibili da scale esterne in legno, mentre i portici e i loggiati sono elementi architettonici realizzati al fine di proteggere maggiormente gli ambienti interni delle abitazioni stesse rispetto ai leggeri ballatoi lignei degli edifici del versante retico.

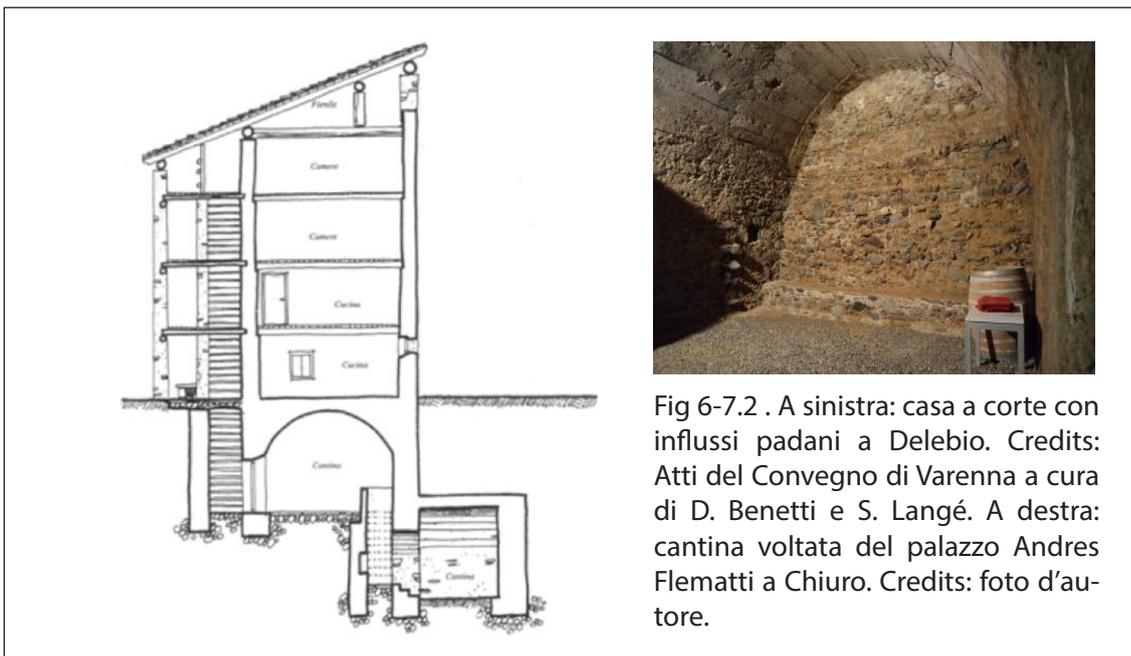


Fig 6-7.2 . A sinistra: casa a corte con influssi padani a Delebio. Credits: Atti del Convegno di Varenna a cura di D. Benetti e S. Langé. A destra: cantina voltata del palazzo Andres Flematti a Chiuro. Credits: foto d'autore.



In Alta Valtellina, invece, le abitazioni si contraddistinguono per avere la parte residenziale e quella dedicata alle attività agropastorali (fienile e stalla) accostate (Benetti, 2000). A collegare le due funzioni è presente una corte o cortile aperto, protetto da una tettoia per consentire il suo utilizzo in ogni condizione climatica. Gli spazi adibiti a residenza sono organizzati su due piani: sotto la cucina e sopra le camere da letto. Spostandosi, poi, progressivamente verso l'alta valle l'accostamento fra la zona rurale e quella residenziale diventa una vera e propria fusione di funzioni, dando origine a un unico corpo edilizio che accoglie diversi momenti della vita familiare, quello del lavoro e quello della vita domestica. A differenza della media e bassa Valtellina dove la corte risulta aperta, qui essa si trasforma in un ambiente interno all'edificio, coperto, dove i residenti svolgevano attività casalinghe e agricole in qualsiasi momento dell'anno e fungeva, inoltre, da disimpegno rispetto agli altri ambienti della casa (Origgi e Gelmini, 2015, pp 19-22).

Per quanto riguarda i materiali e le tecniche utilizzate, la pietra locale costituisce il materiale per eccellenza per la realizzazione di queste architetture, grazie al facile approvvigionamento per ampia disponibilità nella valle e grazie alle sue caratteristiche fisiche, che la rendono uno dei materiali più performanti nelle applicazioni artistiche e architettoniche. La tipologia di pietra più diffusa e reperibile è quella granitica: roccia ignea con tessitura granulare con grana prevalentemente media e colore grigio (sito Confartigianato – Imprese Sondrio). Il granito spicca per la sua notevole durevolezza e durezza, per la sua resistenza agli effetti delle soluzioni e all'acqua piovana e presenta bassi tassi di deterioramento.



Fig 8.2 . Portico del palazzo Andres Flematti a Chiuro. Credits: Associazione Culturale Opol.

Il legno invece, raramente utilizzato per le strutture portanti (eccezion fatta per alcune zone dell'Alta Valtellina), compare nei tamponamenti dei fienili, nei solai dei piani superiori, nei sottotetti e nei ballatoi (Origgi e Gelmini, 2015, pp 128, 153), come ad esempio per la loggia di Palazzo Quadrio de Maria Pontaschelli.



Fig 9-10.2 . A sinistra la loggia del palazzo Quadrio de Maria Pontaschelli a Chiuro, a destra la casa-torre in Largo Besta de' Gatti. Credits: Massimo Dei Cas, sito www.paesidivaltellina.it

Nell'ambito della diffusa natura rurale che caratterizza la Valtellina, gli insediamenti urbani vedevano la presenza di famiglie appartenenti al ceto nobile e alla borghesia, la cui ricchezza era legata prevalentemente alla produzione di vino e al commercio dello stesso. Il territorio valtellinese è ricco, perciò, di esempi di palazzi e di dimore civili, come è possibile osservare in alcuni comuni tra cui Delebio, Traona, Morbegno, Sondrio, Chiuro, Ponte, Tirano, Mazzo, Grosio e Bormio. Gli edifici nobiliari sono sorti molto probabilmente in zone favorevoli alle attività agricole come conseguenza del processo, databile intorno al X secolo, di insediamento umano e di nascita delle prime realtà castellane medioevali. Queste dimore, però, hanno subito una trasformazione significativa a partire dalla fine del XV secolo grazie all'influenza esercitata dal Rinascimento e dai valori Umanistici, che si è manifestata soprattutto nei nuovi caratteri espressi dall'architettura, che facevano riferimento allo stile promosso dagli architetti lombardi dell'epoca.



Le antiche case a torre e le dimore fortificate sono state oggetto di processi di ristrutturazione anche rilevanti, che hanno portato sia ad inglobarle in nuovi edifici sino a trasformarle perché rispondessero alle nuove esigenze. Un esempio significativo del passaggio da un modello architettonico medioevale ad uno successivo di tipo rinascimentale è il Palazzo Besta a Teglio, il quale presenta alcuni elementi indicativi di queste trasformazioni che hanno modificato gli edifici fortificati. In esso tutta l'operazione edilizia appare di grande unità progettuale e quindi di grande armonia; sono evidenti proporzioni e stilemi caratteristici della cultura umanistica sia nell'ordine architettonico sia nell'apparato decorativo. Secondo l'analisi di Aurelio Benetti (1999, pp 133 e 135):

l'impianto quadrangolare del cortile è ricavato raddrizzando con intercapedini corpi di fabbrica preesistenti e disponendo gli affacciamenti dei prospetti sul cortile. Disposti così lungo un quadrato, i loggiati con archi a tutto sesto e con capitelli di gusto rinascimentale consolidano appunto un'immagine geometrica degli spazi tipica del periodo. Di particolare interesse è anche il fronte principale, dove la sobria lavorazione a graffito permette il risalto delle cornici lapidee delle finestre. È da notare, comunque, l'estraneità della forma dei timpani (quasi triangoli equilateri), che suggeriscono il permanere del gusto medioevale, nei confronti delle forme più ricorrenti ispirate alle soluzioni classiche. Tuttavia, tali forme di timpani sono presenti in zona proprio in questo periodo e appaiono come riferimento a derivazione di gusto arcaico o a influenze di gusto nordico. L'interno, come in molti edifici dello stesso periodo, è riccamente decorato ad affreschi.

Questo palazzo, quindi, ben esemplifica come la cultura lombarda fosse condizionata dall'alternativa culturale tra il lessico classicista, affermato in Centro Italia, e la tradizione locale. Questa dicotomia culturale tra passato e presente è ben giustificata dalla posizione di confine della Valtellina, che pur rimanendo in ambito culturale lombardo è stata contaminata da culture di paesi diversi. È inevitabile, quindi, riconoscere un'interferenza di stili e di gusti e di vere e proprie trasmigrazioni di simboli seppur coordinati dall'ampio respiro delle elaborazioni culturali che avvenivano in Italia (A. Benetti, 1999, p 131).

Nella fase di rinnovamento compresa tra la fine del XVI secolo e l'inizio del XVII secolo, la residenza nobiliare diviene, quindi, oggetto di intervento, in alcuni casi con una revisione completa dell'edificio precedente, in altri casi con la sola realizzazione di decorazioni interne all'interno di una struttura architettonica, che conserva la sua forma originale. In altre dimore si riprende la forma della villa lombarda cinquecentesca con spazi più ridotti rispetto a quelli dei palazzi e delle dimore milanesi.



Fig 11-12.2. Sopra la vista dell'entrata del Palazzo Besta di Teglio, sotto la vista del cortile quadrangolare del medesimo palazzo. Credits: www.valtellinaturismo.com.



2.3 Cenni storici del palazzo

Il portale di accesso della casa è situato su via Rusca, è realizzato in pietra e presenta lo stemma della famiglia de' Gatti. La via era anticamente denominata "Contrada Bella", in quanto abitata da famiglie di cospicua consistenza economica; ciò si può desumere, infatti, anche dalle nobili costruzioni che si affacciano su questa via: quasi tutte case possenti con ampi portoni arcuati e adornati da stemmi, un tempo ornate di portici e archi di un certo valore artistico, molti oggi purtroppo deteriorati o distrutti. La via presenta un fondo selciato e si estende per un centinaio di metri, è stretta ma transitabile con ogni automezzo. Il palazzo si colloca in prossimità del collegamento tra via Rusca e largo Quadrio Curzio. Esso però è ben visibile anche da via Opifici, collegata anch'essa a via Rusca attraverso il Largo Besta de' Gatti. In realtà proprio da quest'ultima è possibile avere una visione d'insieme della casa e della torre ed è possibile percepire l'armonia della composizione degli archi, delle ampie finestre, delle colonne e della torretta.

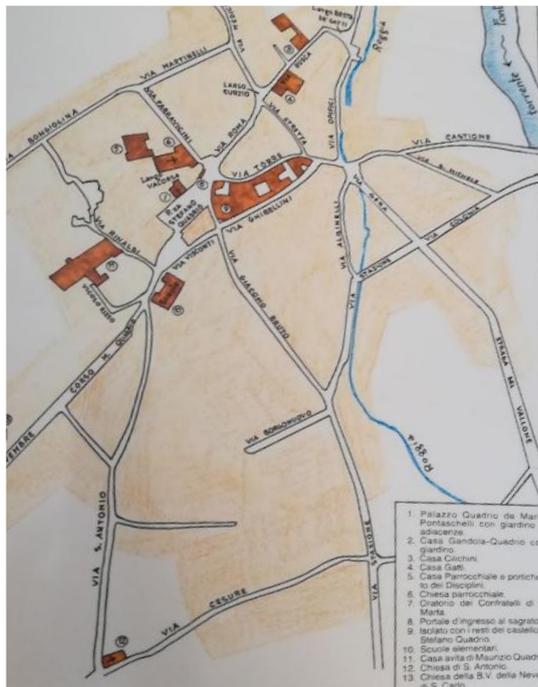


Fig 13-14.2. A sinistra la mappa di Chiuro, a destra in alto lo stemma della famiglia Besta de' Gatti, a destra in basso . Credits: libro "Chiuro", foto d'autore.

La sua realizzazione si colloca tra il XV e il XVIII secolo: il palazzo nacque, molto probabilmente, sulle preesistenze di una casa a torre medievale, nonché di una dimora fortificata, seguendo la scia dei numerosi processi di ristrutturazione che hanno caratterizzato l'architettura valtellinese in epoca rinascimentale.

È facile presupporre che Casa Besta De' Gatti facesse parte di un nucleo originario più esteso. Ciò lo si può dedurre dalla presenza di un passaggio murato nella cantina interrata al confine con la proprietà a est e dal vialetto in forte pendenza, che collega il cancello affacciato su Largo Quadrio Curzio al giardino in comune con la proprietà a ovest. Inoltre, secondo alcune considerazioni avanzate dallo storico dell'arte locale Giorgio Baruta, l'assenza dell'elemento del torchio nelle cantine del palazzo, elemento sempre presente negli ambienti di produzione e conservazione del vino, fa pensare che il nucleo potesse comprendere altre proprietà confinanti, in una delle quali, al contrario, è presente proprio il torchio.



Fig 15.2. Mappa di Chiuro del 1816. Credits: sito dell'Archivio di Stato di Milano.





La casa è stata inizialmente di proprietà della famiglia Gatti, per poi passare a quella Besta de' Gatti e successivamente ai Guicciardi-Grazzani, i quali la adibirono a sede della farmacia Grazzani. Al giorno d'oggi essa appartiene agli eredi della famiglia Gandola Quadrio (Amministrazione provinciale di Sondrio, 1990). Prima, infatti, esisteva a Chiuro solo la famiglia Gatti, di nobile stirpe e larga consistenza economica. Il suo stemma rappresenta due gattopardi rampanti su un albero. Nella seconda metà del '600 la famiglia stava per estinguersi, infatti, sei fratelli Gatti, figli di Vincenzo, e con loro i nonni, morirono durante la peste del 1630/31. A Chiuro restavano, quindi, solamente due membri di questa famiglia: il sacerdote Bartolomeo e sua nipote Giulia. La cospicua sostanza della famiglia era quasi tutta concentrata nelle mani del prevosto don Bartolomeo, che nel 1668 dettò il suo testamento e morì poco dopo. Nelle sue ultime volontà il sacerdote nominò erede di parte del suo patrimonio la nipote Giulia sotto, però, alcune particolari condizioni: la nipote doveva abitare nella casa paterna e se da una sua futura unione sarebbe nato un figlio maschio, questi doveva essere chiamato Bartolomeo e doveva portare il cognome del padre a cui doveva essere aggiunto anche quello della madre. Nel caso non fossero state rispettate queste condizioni, la casa sarebbe passata alla chiesa. Giulia, poco dopo la morte del prete, si sposò con il dottor Fabio Besta di Teglio. Dalla loro unione nacque il sospirato figlio maschio, denominato appunto Bartolomeo Besta de Gatti (Biblioteca Comunale Luigi Faccinelli).

2.4 Bibliografia

- Armida Bombardieri Della Ferrera, Chiuro, Biblioteca Comunale Luigi Faccinelli, 1989.
- Carugo, Maria Aurora, Cenni storici su Chiuro (dalle origini alla dominazione grigione), Ed Banca Piccolo credito Valtellinese, Sondrio, 1982.
- G.Baruta, Correvva l'anno 1816: a Chiuro arrivò la patata, BSSV N 69- anno 2016, pp.137-143.
- Giacomoni, Giorgio, Alla scoperta del borgo storico di Chiuro, in Rassegna Economica della Provincia di Sondrio, settembre 1968.
- D. Benetti, Il segno dell'uomo nel paesaggio: Società e ambiente di Valtellina e Valchiavenna, Sondrio, Cooperativa editoriale Quaderni valtelinesi, 2000, p. 154.
- L'architettura del Rinascimento in Valtellina, in Il Rinascimento in Valtellina e Valchiavenna. Contributi di storia sociale, a cura di A.Benetti, Centro Culturale Don Minzioni, Coop. Ed. Quaderni Valtelinesi, Sondrio, 1999, pp 131, 133 e 135.
- Censimento dei beni culturali e architettonici – Chiuro, in Quaderni della Provincia N. 9, Amministrazione provinciale di Sondrio, Sondrio, 1990, p 37.
- Chiuro, Biblioteca Comunale Luigi Faccinelli, 1989, pp 176-180.
- AAVV, Beni Culturali della Comunità Montana Valtellina di Sondrio, Sondrio, 2010.



3. TECNICHE DI RILEVAMENTO TRIDIMENSIONALE

In questi ultimi anni il rilievo e la creazione di modelli tridimensionali di oggetti e scene complesse stanno acquisendo sempre maggiore centralità nella comunità scientifica e nel settore commerciale. Grazie ai recenti sviluppi è possibile, infatti, acquisire grandi quantità di dati, geo-referenziarli e derivarne informazioni 3D in maniera abbastanza semplice. È sempre più frequente assistere a restituzioni virtuali dell'ambiente che ci circonda, con visualizzazioni 3D e ambientazioni create per varie applicazioni come la documentazione, conservazione, restauro virtuale, simulazione, didattica, animazione, cartografia, gestione territoriale, monitoraggio, etc (Remondino et al., 2011).

Le principali tecniche reality-based di rilievo digitale per acquisire dati spaziali e produrre modelli tridimensionali si possono classificare in tecniche basate su sensori attivi e passivi.

I primi¹, detti anche range-based, consistono in quegli strumenti che emettono un segnale elettromagnetico, il quale viene poi registrato dallo strumento stesso al fine di derivarne una misura di distanza (Remondino et al, 2011, p 1826). Le tecniche che utilizzano i sensori passivi invece, denominate image-based, si basano sull'acquisizione di dati bidimensionali (immagini) che richiedono una elaborazione matematica per derivarne informazioni 3D (Russo e Remondino, 2012, p 2). Tra queste la più conosciuta e diffusa è la fotogrammetria, che utilizza le immagini per ricostruire in 3D sia la geometria sia la texture del manufatto fotografato.

1. Rientrano in questa categoria: i laser scanner, le stazioni totali, i GNSS, i radar, etc.

3.1 Il laser scanner: principi di funzionamento e caratteristiche

3.1.1 Concetti di base

Per scanner tridimensionali si intendono tutti quegli strumenti in grado di acquisire ed ordinare le coordinate spaziali di una regione o di una porzione di spazio in modo automatico. Il principio base che caratterizza il funzionamento del laser consiste nella proiezione di un raggio, di un fascio di luce e nell'analisi del segnale di ritorno.

Si può constatare che il laser scanner costituisce ormai uno strumento largamente utilizzato nel settore del rilevamento; esso infatti costituisce un efficiente metodo di digitalizzazione e modellazione sia di oggetti che di porzioni di territorio aventi qualsiasi forma e dimensione. Il progresso tecnologico in questo ambito ha consentito di migliorare la strumentazione sia in termini di caratteristiche tecniche (risoluzione, accuratezza, portata)², sia in termini di impiego (peso, maneggevolezza, facilità di utilizzo, etc.). Grazie a ciò è possibile ottenere risultati più precisi e veloci rispetto alle tradizionali tecniche di rilievo, svincolando così gli operatori dalle lunghe e complesse operazioni di campagna a discapito di un maggiore tempo di elaborazione dei dati.

L'elevata precisione e versatilità offerte da questa metodologia consentono l'utilizzo del Laser scanner in molteplici campi di applicazione, come ad esempio rilievi architettonici e di interni, documentazione di beni archeologici e culturali, ingegneria civile, progettazione impiantistica, monitoraggio di gallerie, fronti rocciosi e miniere.

2. Per risoluzione si intende la più piccola variazione di un valore misurato, che causa una variazione percettibile nella misura stessa. L'accuratezza, invece, indica l'errore tra la misura di una quantità e il suo reale valore (o il suo valore accettato per vero), (M. Russo e F. Remondino, 2012, p 9-10). Infine, la precisione è rappresentata dalla dispersione (σ) delle misure intorno alla loro media e permette di stimare la componente casuale dell'errore: nel considerare più misure, essa è valutata dallo scarto quadratico medio tra le singole misure e la loro media. (Guidi et al, 2009).



3.1.2 Il laser

Il laser è stato introdotto dalla scoperta di Albert Einstein, il quale intuì che un atomo è in grado di emettere radiazioni ad alta frequenza se stimolato da un raggio di luce, caratterizzato da un dato valore di frequenza, incidente sullo stesso. Infatti, il termine "L.A.S.E.R." è acronimo di: "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (Amplificazione della luce da emissione stimolata di radiazione).

Dal punto di vista applicativo il laser consiste in un'apparecchiatura che trasforma l'energia da una forma primaria (elettrica, ottica, chimica, termica o nucleare) in un fascio monocromatico e coerente di radiazioni elettromagnetiche ad intensità elevata: la luce laser.

Il raggio laser consiste in un'onda elettromagnetica, che presenta le seguenti caratteristiche (Bornaz, 2003):

1. Monocromaticità, poiché composta da una sola frequenza;
2. Coerenza spaziale o unidirezionalità;
3. Coerenza temporale, perché gli impulsi sono costituiti da onde della stessa frequenza e della stessa fase, generando un fascio di elevate intensità e potenza.

In natura una radiazione luminosa può avere lunghezze d'onda differenti: nel caso del laser la radiazione può essere ultravioletta (con lunghezza d'onda compresa tra i 200 e i 400 nm), visibile (tra i 400 e i 700 nm) o infrarossa (tra i 700 e i 1000 nm).

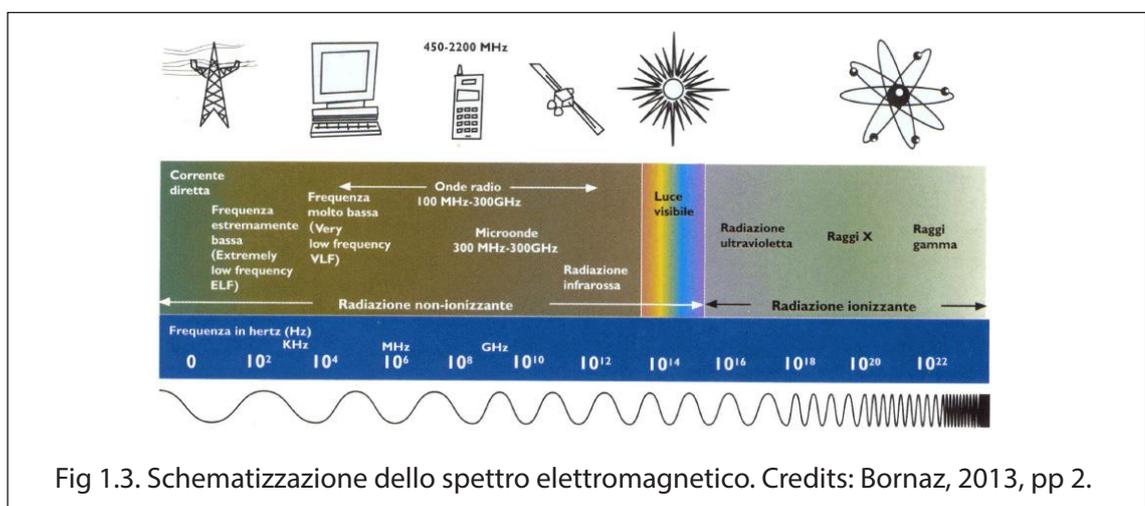


Fig 1.3. Schematizzazione dello spettro elettromagnetico. Credits: Bornaz, 2013, pp 2.

Ai fini applicativi è importante conoscere il comportamento del laser a contatto con i materiali: quando una radiazione colpisce un corpo, essa infatti viene in parte assorbita, in parte riflessa e in parte trasmessa, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione incidente.

Si possono definire i seguenti coefficienti adimensionali (compresi tra 0 e 1) per classificare questa interazione tra energia e materia:

- a) Assorbimento (α): rapporto tra energia assorbita ed energia incidente;
- b) Riflessione (ρ): rapporto tra energia riflessa ed energia incidente;
- c) Trasmissione (τ): rapporto tra energia trasmessa ed energia incidente.

Lo stesso materiale presenta un comportamento differente a seconda della diversità fra le varie lunghezze d'onda. Infatti, i coefficienti α , ρ , τ sono in funzione della lunghezza d'onda, ovvero:

$$\alpha = \alpha(\lambda)$$

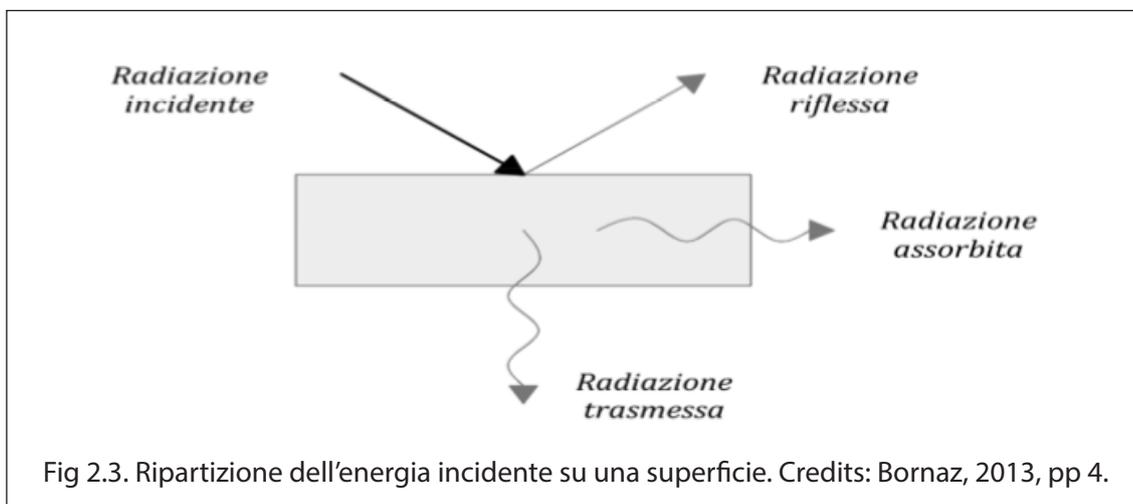
$$\rho = \rho(\lambda)$$

$$\tau = \tau(\lambda)$$

Inoltre, per il principio di conservazione dell'energia si ha che:

$$\alpha(\lambda) + \rho(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

Questa dipendenza è, invece, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'oggetto.





Prendendo in considerazione solo la parte di energia riflessa dalla superficie (ρ), la differenza tra riflessione diffusa e speculare trova la sua ragione nel concetto di ruvidità di superfici. Infatti, come noto, se un fascio luminoso incide su una superficie liscia di acciaio il raggio riflesso sarà ben definito, mentre se tale fascio incide su un foglio di carta la luce verrà riflessa più o meno in tutte le direzioni (riflessione diffusa).

Il comportamento della componente riflessa è governato dal cosiddetto criterio di Rayleigh, che considera rugosa una superficie se:

$$\Delta h \geq \lambda / 8 \cdot \cos \theta$$

Dove:

Δh è la dimensione verticale media delle asperità superficiali della superficie [m];

λ è la lunghezza d'onda della radiazione incidente [m];

θ è l'angolo di incidenza dell'onda elettromagnetica rispetto alla verticale [rad].

Normalmente le superfici reali non si comportano né da superfici perfettamente speculari (che riflettono in modo speculare) né da superfici perfettamente lambertiane (in cui la direzione di riflessione è indipendente da quella di incidenza), ma si comportano in modo intermedio. Infine, esiste una particolare superficie detta retro-riflettente, per cui il raggio riflesso si propaga esattamente lungo la stessa direzione del raggio incidente.

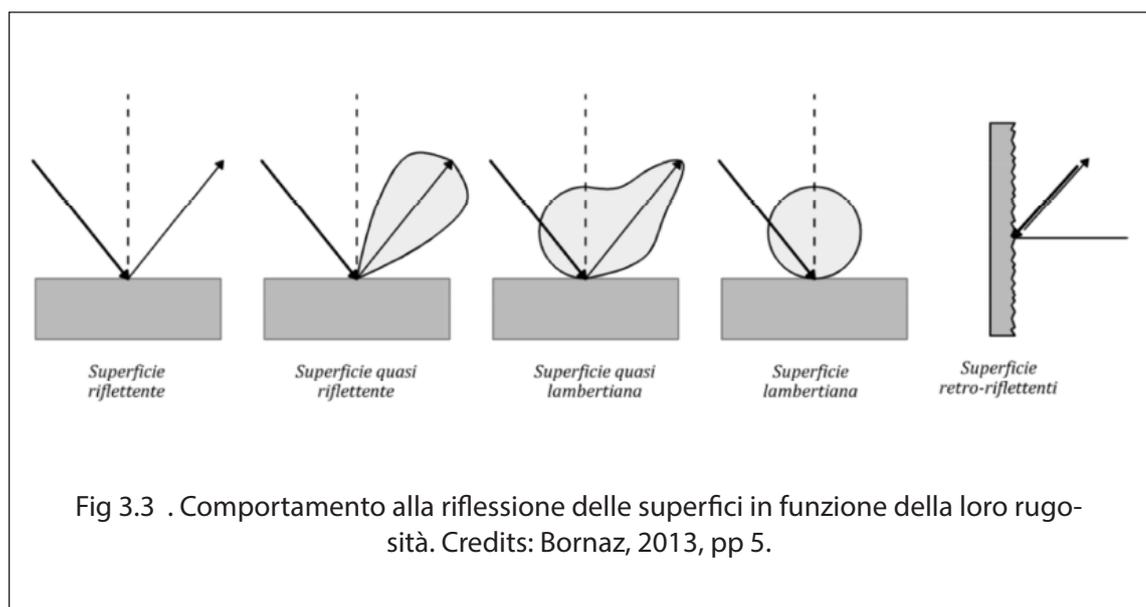


Fig 3.3 . Comportamento alla riflessione delle superfici in funzione della loro ruosità. Credits: Bornaz, 2013, pp 5.

3.1.3 Il laser scanning

Il principio su cui si basa il laser scanner consiste nella proiezione di un raggio laser su un oggetto e sull'analisi del segnale di ritorno, una volta riflesso, per il calcolo della distanza.

I differenti principi operativi dei vari laser scanner si basano sulla fase che analizza il segnale di ritorno. In alcuni modelli la distanza tra oggetto e trasmettitore è calcolata basandosi sul "tempo di volo" (TOF=Time of Flight) cioè il tempo che impiega il segnale emesso a tornare allo strumento, in altri è calcolata per comparazione della fase del segnale emesso rispetto a quello ricevuto (entrambi sono denominati ranging scanner, scanner a misura diretta della distanza). In altre tipologie di scanner, invece, le distanze si basano sul principio della triangolazione del segnale (triangulation scanner). Nei ranging scanners la posizione dell'emettitore del laser e del ricevitore coincide, mentre nei triangulation scanners questi sono separati da una distanza nota a priori (base line), sulla quale si basa il principio di triangolazione (Sgrenzaroli, Vassena, 2007).

Nei laser scanner a tempo di volo (TOF) l'intervallo di tempo tra il segnale emesso e l'eco del segnale ricevuto è quantificato da un orologio stabilizzato al quarzo. Il risultato, dopo essere stato trasmesso ad un elaboratore interno, viene da quest'ultimo trasformato in una misura di distanza. La trasformazione del dato in distanza avviene secondo la seguente relazione:

$$2D=v\cdot\Delta t$$

Dove:

D è la distanza oggetto-laser scanner;

v è la velocità della luce nel mezzo considerato (nel vuoto, nell'aria con n=indice di rifrazione dell'aria);

Δt è il tempo di volo.

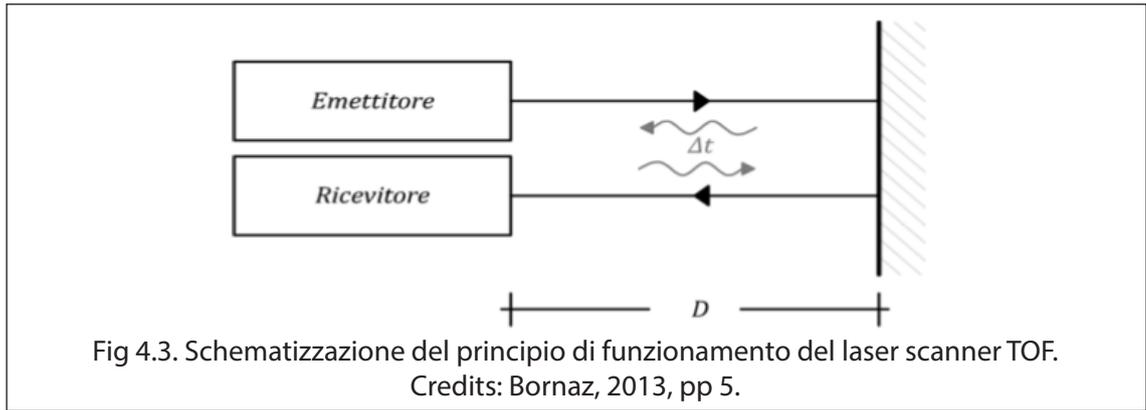


Fig 4.3. Schematizzazione del principio di funzionamento del laser scanner TOF. Credits: Bornaz, 2013, pp 5.

Nei laser scanner a comparazione di fase, invece, viene utilizzata la radiazione elettromagnetica appartenente al campo dell'infrarosso vicino ($\lambda=0,7\div 0,9 \mu\text{m}$) modulata in ampiezza con legge sinusoidale. Partendo dall'equazione dell'ampiezza dell'onda emessa si ottiene la misura della distanza come una frazione della metà della lunghezza d'onda impiegata. Questi laser scanner si caratterizzano per l'abilità di rilevare dati molto distanti, per una velocità di acquisizione molto rapida e per un'elevata intensità di dato acquisito.

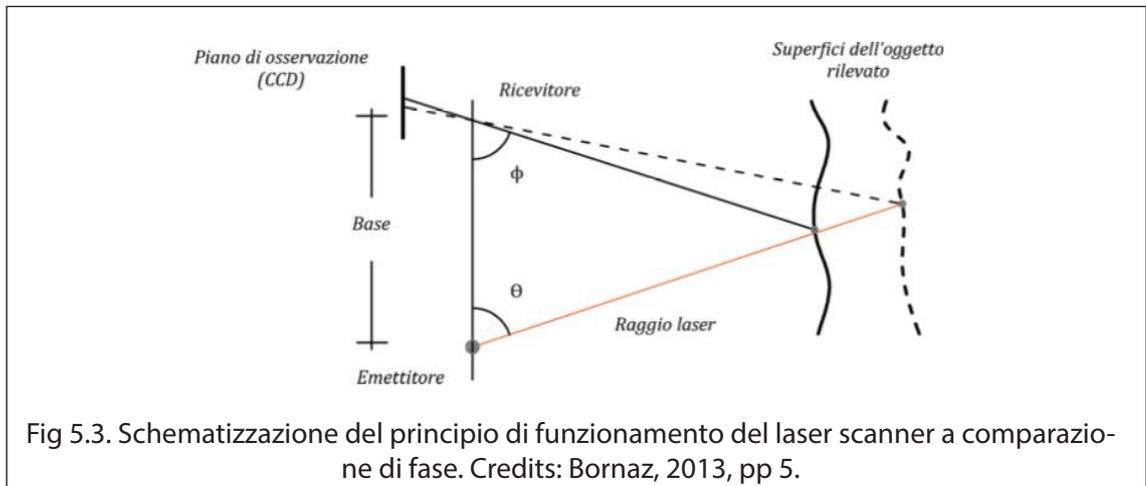
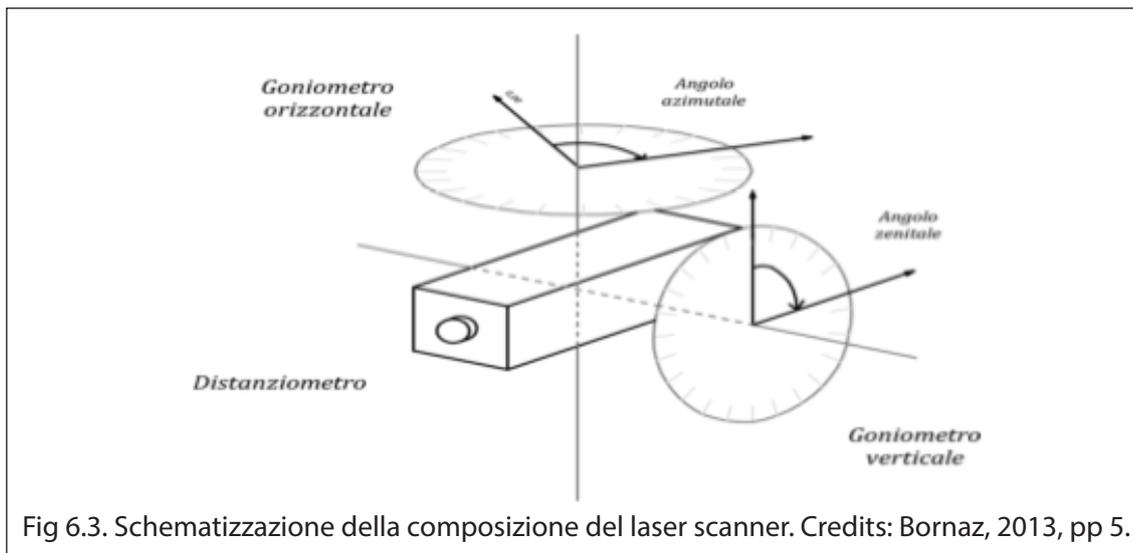


Fig 5.3. Schematizzazione del principio di funzionamento del laser scanner a comparazione di fase. Credits: Bornaz, 2013, pp 5.

L'individuazione spaziale dei punti è rilevata dallo strumento grazie ad un sistema di riferimento sferico con origine posta in corrispondenza di un punto interno allo strumento. I valori rilevati per ogni punto acquisito corrispondono alla distanza tra il centro di presa dello strumento e l'oggetto colpito dal raggio laser (D), all'angolo zenitale θ del raggio emesso rispetto all'asse verticale dello strumento e all'angolo azimutale θ del raggio emesso rispetto ad un asse orizzontale preso come riferimento.



Questi sistemi possono essere paragonati alle stazioni totali topografiche (total stations). La misura della posizione tridimensionale del punto avviene infatti in coordinate sferiche.

Contrariamente a quanto avviene per il rilievo topografico classico, in cui i punti di un oggetto vengono rilevati singolarmente, con i ranging scanners è possibile definire solo l'area che si vuole acquisire e la densità di punti desiderata. Definiti questi parametri, l'acquisizione dei dati avviene automaticamente; il risultato del rilevamento corrisponde a una nuvola di punti.

Nella fase di post-elaborazione si otterrà un range scan tridimensionale (o point of clouds, nuvola di punti) in cui ad ogni punto misurato sono associate le proprie coordinate (x, y, z) in un sistema di riferimento cartesiano con centro solidale alla testa dello strumento durante la scansione e un'immagine bidimensionale di riflettanza.



Fig 7.3. Visualizzazione della Point Cloud di un interno. Credits: Scansione importata dal programma SCENE 5.5.



Fig 8.3. Corrispondente immagine bidimensionale di preview. Credits: Scansione importata dal programma SCENE 5.5.



3.2 Strumentazione utilizzata nella campagna di rilevamento

Per il rilievo svolto ai fini di questo elaborato di tesi sono stati adoperati i seguenti modelli di laser scanners (ranging scanners):

1. Leica ScanStation C10;
2. Faro Focus3D X130.

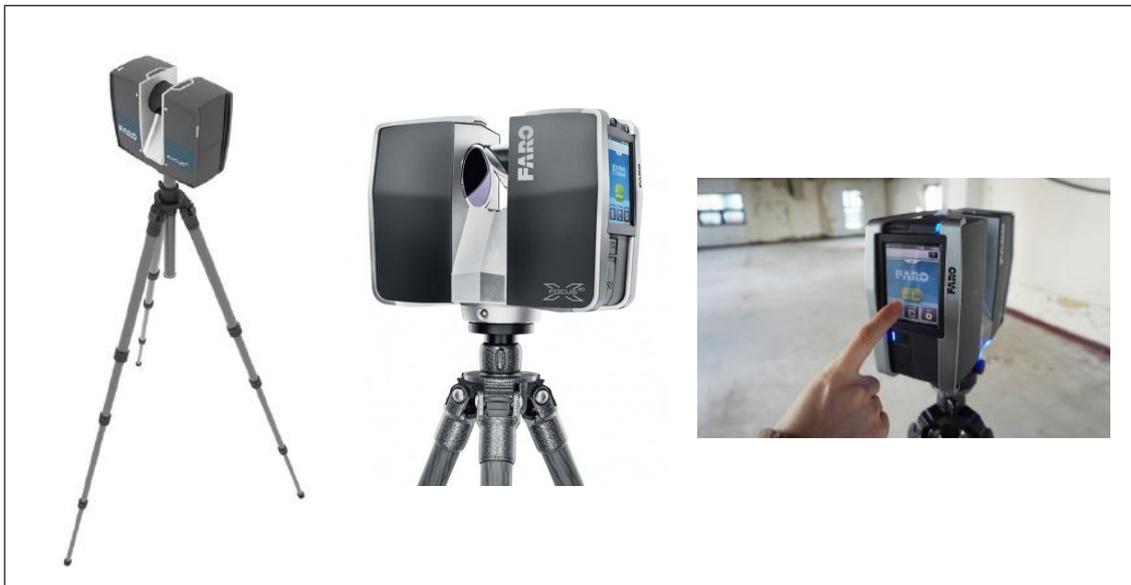
3.2.1 Leica ScanStation C10³



SPECIFICHE DEL PRODOTTO	
Lunghezza d'onda	532 nm
Campo visivo Orizzontale: Verticale:	max 360° max 270°
Precisione Posizione: Distanza: Angolo:	6 mm 4 mm 60 μrad/60 μrad (12"/12")
Precisione della superficie modellata	2 mm
Portata	300 m con albedo del 90%; 134 m con albedo del 18% (portata minima 0,1 m)
Velocità di scansione	Max istantanea: fino a 50000 punti/s
Dimensioni (peso)	238x358x395 mm - 13kg

3. Leica ScanStation C10 – Product Specifications, Leica Geosystems

3.2.2 Faro Focus3D X130⁴



SPECIFICHE DEL PRODOTTO

Lunghezza d'onda	1550 nm
Campo visivo Orizzontale: Verticale:	max 360° max 300°
Precisione Portata focus:	0,6/130m (albedo al 90%)
Precisione della superficie modellata	2 mm
Portata	0,6m-130m in ambienti chiusi o aperti con albedo del 90%
Velocità di scansione	Max istantanea: fino a 976000 punti/s
Dimensioni (peso)	240x200x100 mm - 5,2 kg

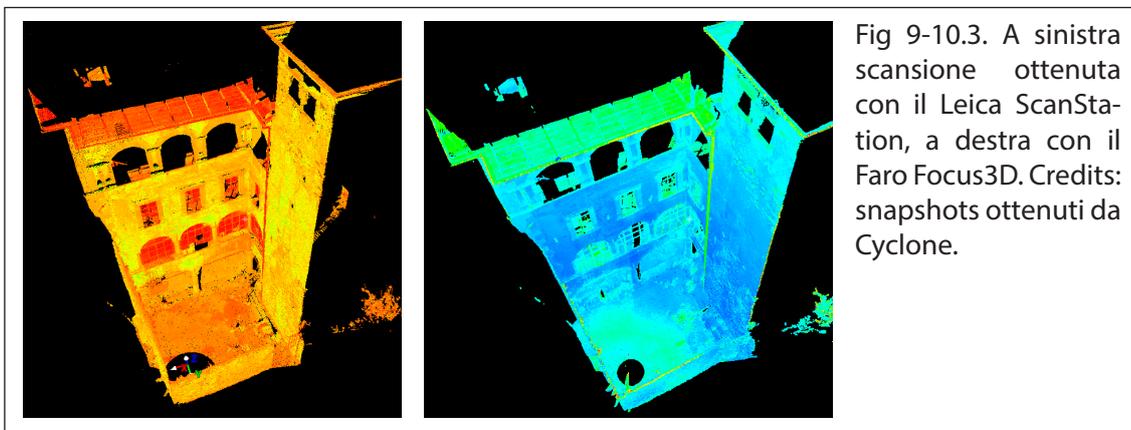


Fig 9-10.3. A sinistra scansione ottenuta con il Leica ScanStation, a destra con il Faro Focus3D. Credits: snapshots ottenuti da Cyclone.



3.2.3 Strumentazioni a confronto

Entrambi i dispositivi risultano di facile utilizzo grazie alla gestione delle acquisizioni tramite schermo touch e un'interfaccia intuitiva e di elevata semplicità. È possibile, inoltre, scegliere con facilità le impostazioni più idonee alle diverse modalità di rilevamento. Sono presenti, però, alcune differenze tra le due tecnologie dovute sostanzialmente al diverso periodo di realizzazione. Per quanto concerne l'ingombro e il peso dei due dispositivi, si sottolinea, in primo luogo che il Leica ScanStation C5/10 presenta un peso nominale totale di circa 15 kg, mentre Faro Focus3D X130 è caratterizzato da un valore in peso di circa 5 kg. Inoltre, il primo laser scanner necessita di una messa in bolla manuale da effettuare prima di ogni scansione, che la seconda tecnologia non richiede in quanto questo procedimento avviene in automatico.

Faro Focus3D X130, inoltre, grazie alle sue dimensioni compatte, risulta particolarmente maneggevole durante le fasi preparatorie di ciascuna scansione. Per questi motivi quest'ultimo ha consentito di svolgere le operazioni in modo più semplice, sicuro e veloce.



Fig 11-12.3. A sinistra in azione il laser scanner Faro Focus3D X130, a destra il Leica ScanStation C10. Credits: foto d'autore.

3.3 Campagna di rilevamento

Una ponderata progettazione della campagna di misura, al fine di ottenere un prodotto finale con caratteristiche rispondenti alle esigenze del rilievo stesso, non è esclusa dai vantaggi che si ottengono nell'ambito del rilievo attraverso l'utilizzo della strumentazione di laser scanner terrestre. Esistono, infatti, diversi aspetti, che escludono l'intervento diretto del tecnico nella fase di acquisizione dati. La fase di acquisizione, ad esempio, è gestita in maniera totalmente autonoma dallo strumento stesso, per cui l'operatore non necessita di conoscere la sequenza di punti che vengono rilevati. Inoltre lo strumento non permette l'acquisizione di punti discreti scelti all'operatore, in quanto il laser scanner registra automaticamente tutti i punti appartenenti al campo visivo.

Tali aspetti coincidono con alcune delle motivazioni che richiedono una progettazione di rilievo molto accurata, in modo tale da consentire allo strumento di descrivere al meglio gli oggetti reali da acquisire e di facilitare e monitorare le operazioni di registrazione delle scansioni.

Poiché il laser scanner è una strumentazione di tipo ottico, che quindi acquisisce solamente tutto ciò che da esso è visibile, si possono presentare nelle nuvole di punti acquisite in fase di restituzione delle zone d'ombra (caratterizzate dall'assenza di dato). Ciò è dovuto o alla presenza di eventuali ostacoli posti lungo la direzione del raggio laser o alla complessità geometrica dell'oggetto. Dipende infatti dalla complessità geometrica della scena da rilevare e dalla profondità degli oggetti appartenenti alla scena stessa il numero delle scansioni necessarie al fine di ottenere un rilievo esaustivo e completo dell'area di interesse.

La fase di rilievo pertanto dev'essere preventivamente studiata e pianificata tenendo conto dei seguenti aspetti (Sgrenzaroli e Vassena, 2007):

- Riduzione delle zone d'ombra e delle occlusioni, cioè oggetti che interferiscono con la propagazione del raggio laser;
- Angolo di visione (Field of view);



- Sovrapposizione tra le scansioni;
- Risoluzione spaziale omogenea delle scansioni;
- Visibilità dei target.



La campagna di rilievo oggetto di tesi è stata condotta nelle giornate del 12/04/2019 e del 13/04/2019 con il coordinamento di n. 2 tesiste e n. 1 tutor a rotazione. Le riprese sono state effettuate dalle ore 9 alle ore 19 di entrambi i giorni. Il giorno 12/04, dopo un primo colloquio con gli architetti, gli ingegneri e le figure di rappresentanza comunale che partecipano al progetto “Le radici di una identità - Temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo”, è stato possibile svolgere il primo sopralluogo. Questo ci ha permesso di valutare lo stato di fatto e la complessità dello stabile in questione e di stabilire dei possibili punti di presa delle scansioni.

3.3.1 Elaborazione eidotipo

In prima battuta è risultato necessario realizzare un eidotipo ovvero un elaborato grafico con cui si selezionano le qualità formali riconosciute tipiche dell'oggetto da rilevare, che rappresenta una sintesi grafica della realtà osservata. In questa campagna di rilevamento, data la complessità e le dimensioni dell'edificio in esame, si è scelto di suddividere lo spazio per piani e per vani scala. Sono, quindi, stati redatti progressivamente gli eidotipi dei vari piani e dei vani scala, sui quali sono stati annotati i dettagli architettonici, le misure e le osservazioni utili alla comprensione delle dimensioni e delle caratteristiche principali dello spazio da rilevare.

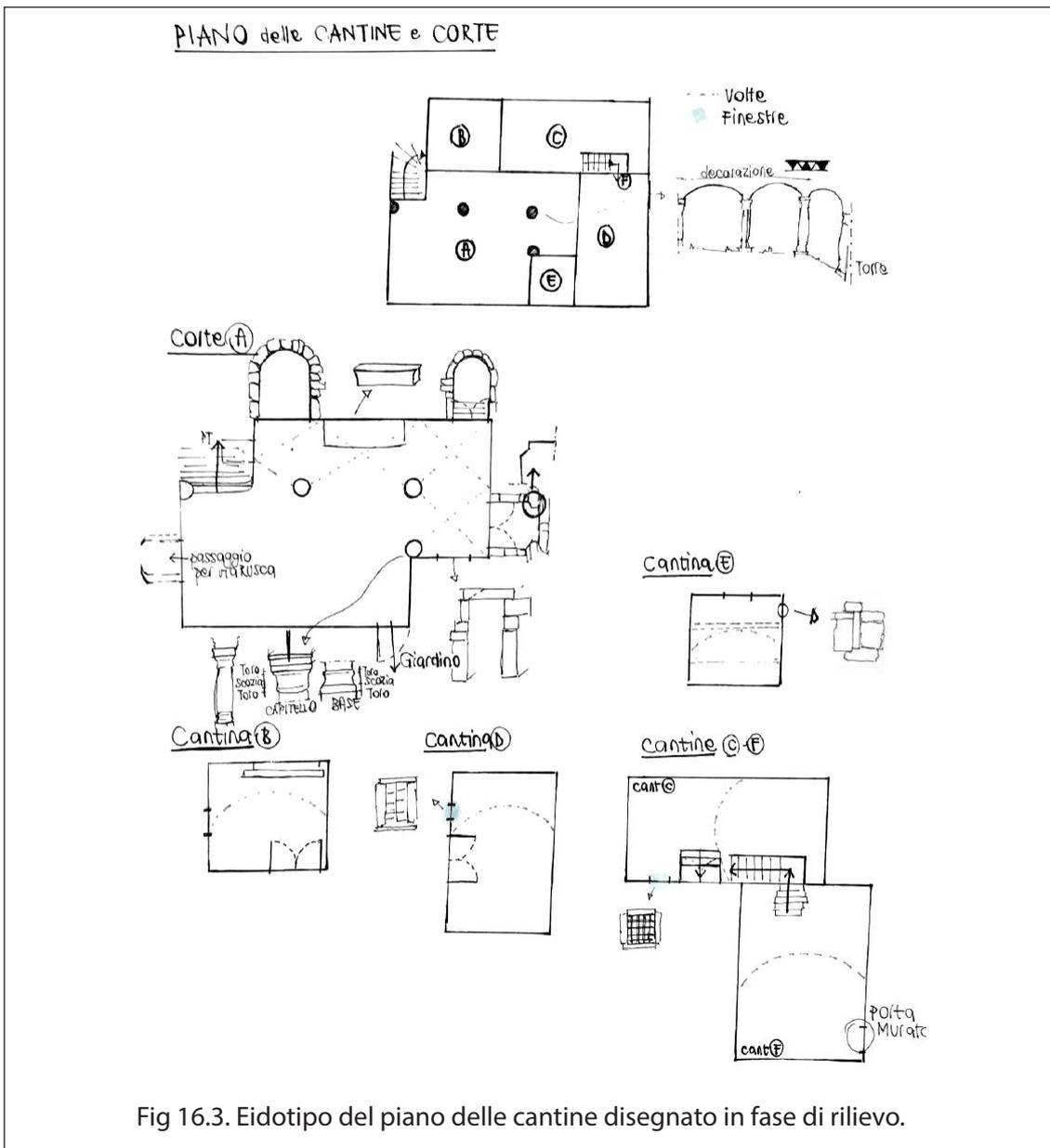


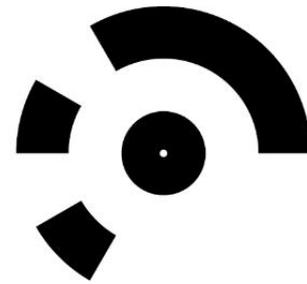
Fig 16.3. Eidotipo del piano delle cantine disegnato in fase di rilievo.



3.3.2 Posizionamento dei target



Fig 17.3. Affissione di target nella corte interna. Credits: foto d'autore.



26



Fig 18.3. Rad Coded Target 12 bit. Credits: Agisoft PhotoScan

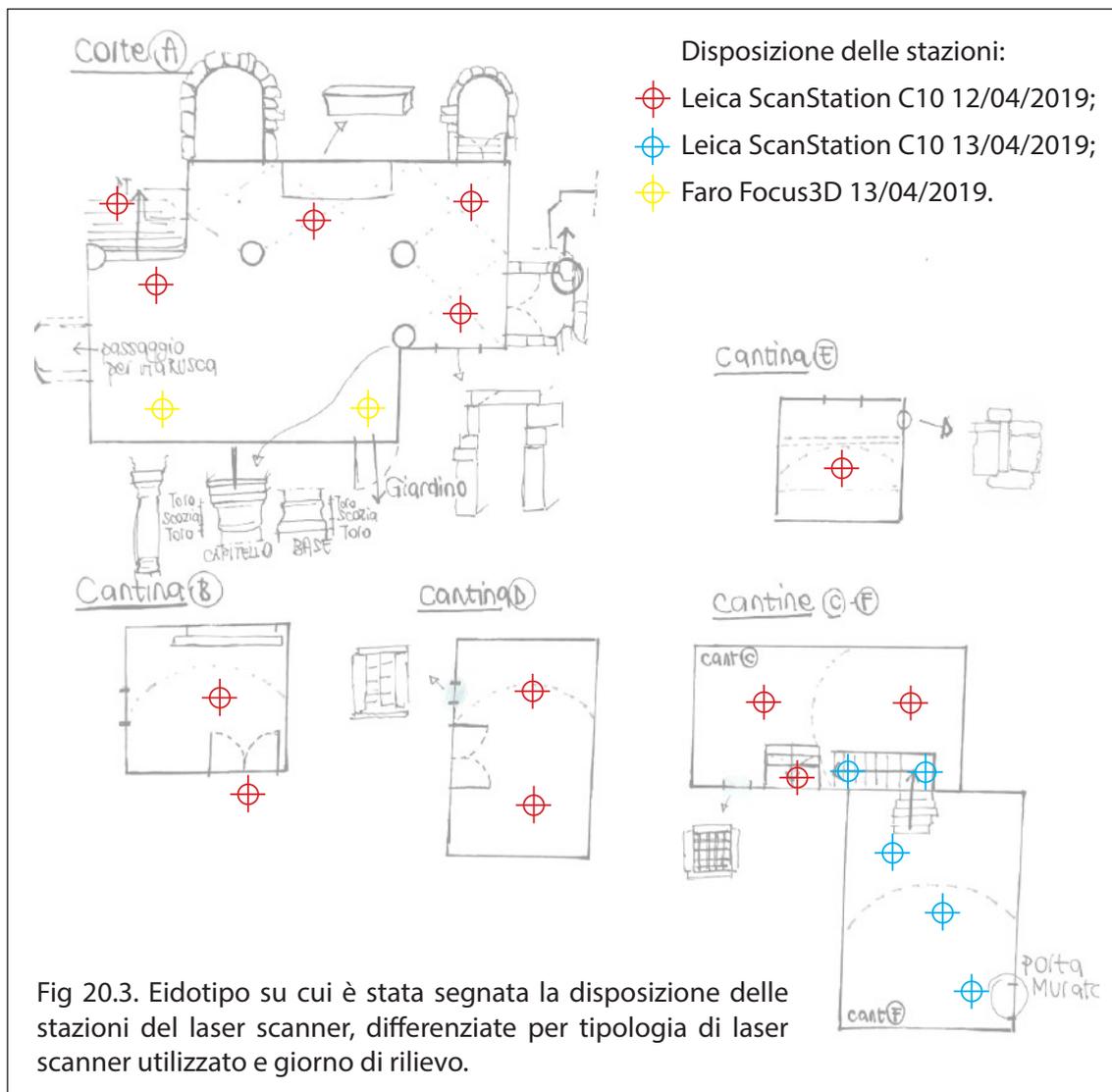
Fig 19.3. Target affissi nella loggia interna. Credits: foto d'autore.

La disposizione dei target sulla scena è stata studiata in modo tale che fossero visibili almeno tre target comuni tra ogni scansione. Qualora ciò non fosse stato possibile, le registrazioni sono state effettuate in modo tale da garantire una sovrapposizione che comprendesse un numero sufficiente di punti naturali ben riconoscibili e comuni al fine di assicurare un allineamento più agile e preciso. Le singole nuvole ottenute sono risultate immediatamente leggibili e interpretabili per gli spazi interni, poiché l'insieme di punti distribuiti nello spazio descrivevano bene l'ambiente e lo scenario catturati in fase di registrazione. Più complessa è risultata, invece, l'individuazione di punti comuni nel cortile, nel lato strada, nel solaio e in una parte delle cantine, per i quali ci si è affidati a dettagli architettonici appartenenti allo spazio dalla conformità irregolare. Per il palazzo in oggetto era prevista anche una campagna fotografica per la fotogrammetria, sono quindi stati utilizzati dei target circolari a 12 bit, Rad Coded Target, forniti dal software Agisoft Photoscan, in modo tale da poter utilizzare gli stessi per entrambe le campagne di rilevamento.

3.3.3 Il rilievo con il laser scanner

Durante la prima giornata sono state effettuate 22 scansioni sfruttando il laser Leica ScanStation C10, mentre nella seconda giornata sono state eseguite 7 scansioni con lo stesso dispositivo e 65 scansioni con il laser scanner Faro Focus3D X130, per un totale complessivo di 94 scansioni/punti.

Prima di procedere alla vera e propria campagna di registrazione sono stati individuati e annotati sull'eidotipo corrispondente le diverse posizioni da cui effettuare le scansioni. Come già precisato precedentemente, il numero e la disposizione delle stazioni sono stati stabiliti tenendo conto delle distanze dagli oggetti e delle risoluzioni desiderate, con particolare attenzione a garantire la presenza di zone di sovrapposizione tra scansioni contigue, così da permettere le successive fasi di elaborazione dati.





Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con il laser scanner Leica ScanStation C10 il procedimento per ogni scansione ha richiesto mediamente un tempo di circa 15-20 minuti, impiegato in parte per effettuare le operazioni di messa in stazione dello strumento e in parte per effettuare la scansione vera e propria. In particolare, questa fase comprende le seguenti operazioni:

1. Messa in stazione del treppiede di sostegno tramite bolla sferica;
2. Posizionamento del laser scanner sull'apposito treppiede di sostegno e successivo controllo della messa in bolla attraverso la bolla elettronica, compiendo micro-aggiustamenti per arrivare a precisioni submillimetriche;
3. Impostazione, tramite display touch screen integrato sullo strumento laser, dei vari parametri di scansione (numero della scansione, risoluzione, etc.) e avvio della scansione;
4. Controllo della scansione ottenuta ed eventuale raffittimento di porzioni in cui sono presenti particolari costruttivi o architettonici significativi per il rilievo stesso.

Link del laser scanner in azione: <https://youtu.be/VNzJ7eOj6oM>



Fig 21-22-23.3. Operazioni di messa in bolla, controllo della scansione effettuata e laser scanner in azione nel cortile interno. Credits: foto d'autore.

Ogni scansione è caratterizzata da una risoluzione variabile in funzione della distanza laser-oggetto: essa è maggiore in prossimità dello strumento e minore man mano che ci si allontana da esso. Per tale motivo nella fase 3 è stato necessario impostare un passo di scansioni differente per ogni spazio rilevato:

- Media risoluzione: 1 cm a 12 m, durata circa 7 min;
- Bassa risoluzione: 2 cm a 10 m, durata circa 3 min.

La scelta di questi due valori di risoluzione è stata fatta tenendo conto dell'architettura dell'edificio oggetto di rilievo, nonché della sua forma e delle sue dimensioni.

Per quanto riguarda, invece, le registrazioni effettuate con il laser scanner Faro Focus3D X130, il procedimento per effettuare ogni scansione ha richiesto tempi decisamente inferiori, circa 5-10 minuti, in quanto non è necessario effettuare le prime due operazioni di messa in stazione, che il dispositivo effettua autonomamente. Esso presenta, inoltre, valori di risoluzione differenti⁵:

- Alta risoluzione: 6 mm a 10 m, durata 8-11 min;
- Media risoluzione: 7 mm a 10 m, durata 3 min.

Nelle seguenti tabelle sono riportate le diverse scansioni effettuate nelle due giornate e classificate in base al tipo di laser scanner e alla risoluzione utilizzati:

	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCANS. CON RAFFITT.
PIANO TERRA	12/04/2019	01,03,04,05,06	Leica ScanStation 10	Media	01, 03, 05, 06
		02	Leica ScanStation 10	Bassa	02
	13/04/2019	R05-2, R050, R051, R052, R053, R054, R055	Faro Focus3D x 130	Alta	
		R06, R055, R056, R057	Faro Focus3D x 130	Media	

5. Sito Faro3D Focus, <http://www.faro.com>



	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCANS. CON RAFFITT.
CANTINE	12/04/2019	09,10,11,12,15, 16,18,20,22,23	Leica ScanStation 10	Media	09, 10
		17, 21	Leica ScanStation 10	Bassa	17, 21
	13/04/2019	R001, R002	Faro Focus3D x 130	Alta	
		R003, R004, R005	Faro Focus3D x 130	Media	
	PIANO PRIMO	13/04/2019	R061, R062, R063, R064, R065, R066, R067, R068, R069, R070, R071, R072, R073, R074	Faro Focus3D x 130	Alta
PIANO SECONDO	13/04/2019	R078, R079, R080, R081, R082, R083, R084, R085, R086	Faro Focus3D x 130	Alta	
SOTTOTETTO	13/04/2019	R089, R090, R091, R092, R093, R094, R095, R096, R097	Faro Focus3D x 130	Media	
LATO STRADA	13/04/2019	R105, R106, R107, R108	Faro Focus3D x 130	Alta	
SCALA CENTRALE	13/04/2019	R098, R099, R100, R101, R102, R103, R104	Faro Focus3D x 130	Media	

SCALA ESTERNA	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCANS. CON RAFFITT.
	12/04/2019	07,08	Leica ScanStation 10	Bassa	08
	13/04/2019	R058, R059, R060, R076, R077, R087, R088	Faro Focus3D x 130	Media	

CORTILE	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCANS. CON RAFFITT.
	12/04/2019	13,14	Leica ScanStation 10	Bassa	14
	13/04/2019	R109, R110, R111, R112, R113, R114, R115, R116	Faro Focus3D x 130	Media	

Il risultato così ottenuto è una serie di scansioni di nuvole di punti (point clouds) dotate ciascuna di un proprio sistema di riferimento. Generalmente per acquisire i dati di un oggetto complesso sono necessarie più scansioni da posizioni differenti, che devono successivamente essere ricomposte in un unico modello mediante le operazioni di registrazione.

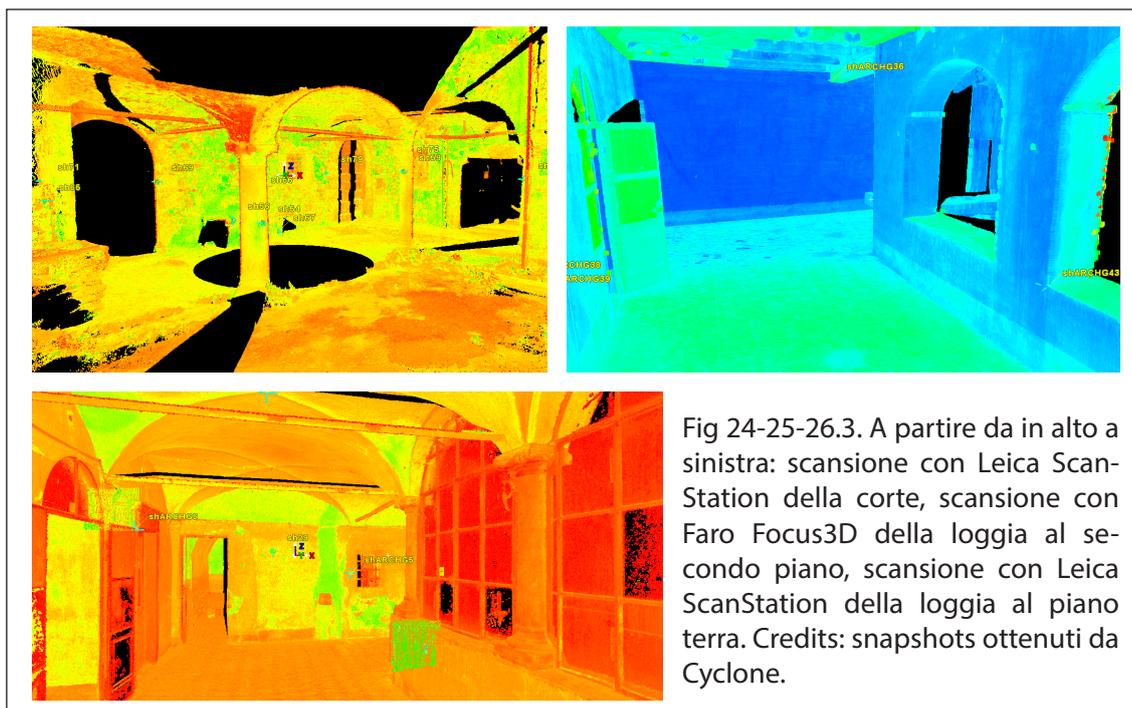


Fig 24-25-26.3. A partire da in alto a sinistra: scansione con Leica ScanStation della corte, scansione con Faro Focus3D della loggia al secondo piano, scansione con Leica ScanStation della loggia al piano terra. Credits: snapshots ottenuti da Cyclone.



3.4 Elaborazione dei dati

Una volta terminata la campagna di rilevamento dati, le differenti scansioni sono state trasferite dalla memoria dello scanner ad un computer portatile, così da poter essere processate e registrate tra loro (allineamento o messa a registro).

Per il procedimento di elaborazione di tutte le scansioni è stato utilizzato il software Leica Geosystems HDS Cyclone 6.0. Questo programma consente di registrare ed operare con nuvole di punti acquisite da alcuni tra gli scanner laser più utilizzati, tra cui il Leica ScanStation C10. Le scansioni acquisite, invece, dal laser scanner Faro Focus3D X130 sono state invece importate nel software FARO SCENE 5.5 ed esportate in formato .ptx per essere elaborate successivamente tramite il software Cyclone 6.0.

3.4.1 Operazioni preliminari

1. Al fine di elaborare i dati in maniera più efficace e ordinata, è stato necessario suddividere lo spazio rilevato in diversi sottospazi:
 - CANT (Cantine);
 - PT (Piano terra);
 - P1 (Primo piano);
 - P2 (Secondo piano);
 - SOLAIO;
 - LATO STRADA;
 - SCALA LATERALE;
 - SCALA CENTRALE.

Sulla base di questa organizzazione sono state create le relative cartelle di lavoro, contenenti le scansioni appartenenti alle varie aree.

2. È stato creato il database di lavoro con il nome della campagna di rilevamento "CHIURO_gatti" ed è stato nominato con lo stesso nome il file .imp;

3. A questo punto all'interno del database sono state create una serie di cartelle (project) corrispondenti ai vari sottospazi sopra elencati. In queste cartelle sono stati importati i file .ptx corrispondenti alle scansioni appartenenti ad ogni sottospazio, mantenendole separate (Separate Original Clouds).

Quanto ottenuto da queste operazioni preliminari consiste in spazi di lavoro (ScanWorld) che al loro interno contengono i seguenti elementi:

- Control space: nuvola di punti che contiene tutti i dati della scansione e i targets. È un riferimento per Cyclone durante il processo di registrazione;
- ModelSpace: nuvola di punti che contiene tutti i dati della scansione e i targets. È usata per le operazioni sulle nuvole (visualizzazione, modellazione, selezione, cancellazione, ecc.);
- Scans: tutti i dati delle nuvole di punti acquisiti durante la scansione;
- Images: fotografie acquisite durante la scansione, se disponibili.

4. Per ogni ModelSpace va infine creata la vista corrispondente (Create and Open ModelSpace View).

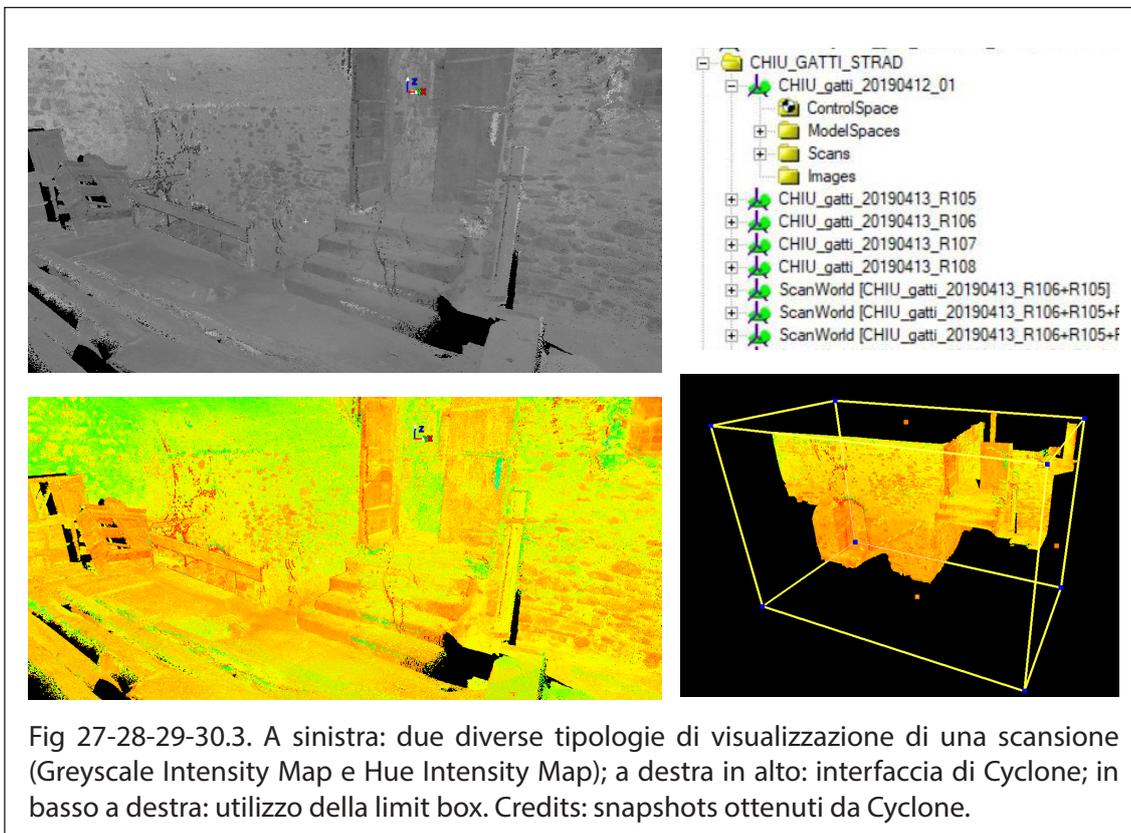


Fig 27-28-29-30.3. A sinistra: due diverse tipologie di visualizzazione di una scansione (Greyscale Intensity Map e Hue Intensity Map); a destra in alto: interfaccia di Cyclone; in basso a destra: utilizzo della limit box. Credits: snapshots ottenuti da Cyclone.



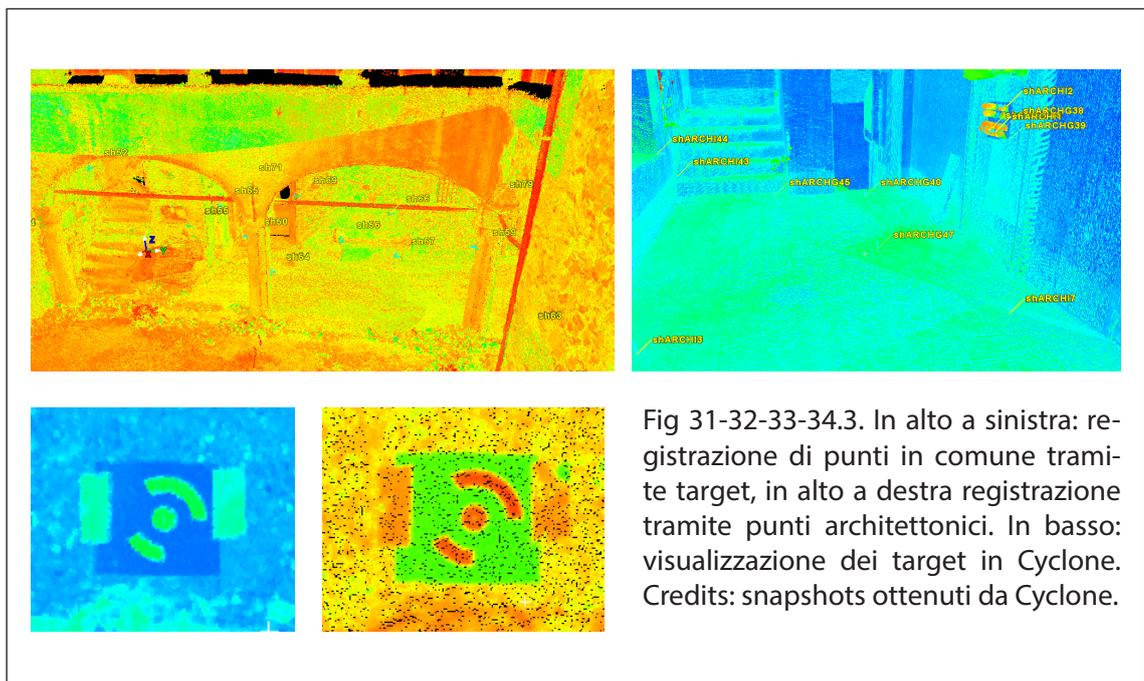
3.4.2 Registrazione

La registrazione è un procedimento per unire nuvole di punti singole in un comune sistema di coordinate. Il procedimento si basa su un sistema di vincoli: in questo caso i vincoli corrispondono a coppie di punti omologhi.

Cyclone calcola il migliore allineamento per ogni ScanWorld: il risultato dipende dalla precisione e definizione con cui l'utente imposta questi punti omologhi, che devono essere posizionati:

- Nel centro dei target, se presenti durante l'operazione di rilevamento;
- Su punti specifici dell'architettura, ben definiti e ben riconoscibili nelle diverse nuvole.

Il nome dato ad un punto (label) deve essere identico al punto corrispondente individuato in un altro ScanWorld. Il numero minimo di punti comuni sufficienti per unire due nuvole è pari a tre, ma per migliorare la precisione e diminuire l'errore sono consigliati almeno cinque punti. Inoltre è altamente consigliato disporre i punti omologhi ben distribuiti nello ScanWorld, non tutti sullo stesso piano o molto ravvicinati tra loro. Dopo aver posizionato tutti i punti omologhi ritenuti necessari nei due ScanWorld, il procedimento di registrazione può iniziare.



La registrazione è un procedimento che avviene in maniera progressiva, partendo dall'unione di due scansioni e aggiungendovi ad una ad una le successive. È necessario tenere sempre come Home l'unione degli ScanWorld, che rappresenta il sistema mantenuto fisso attorno al quale l'altro sistema vi si dispone rototraslando.

Un esempio di ciò può essere rappresentato dall'unione del vano scala con i vari piani che ad esso si collegano:

- Vano scala + Piano terra;
- (Vano scala + Piano terra) + Piano primo;
- (Vano scala + Piano terra + Piano primo) + Piano secondo... e così via.

Per allineare tra loro due nuvole di punti il programma riconosce i punti omologhi registrati (constraints) comuni alle due scansioni. Per ognuno di questi è possibile visualizzare l'errore (Error) corrispondente allo sfasamento (espresso in metri).

Una volta appurato che gli errori dei target hanno un valore accettabile (in questo caso si è tenuto un errore massimo pari a 5mm per i target e massimo 8 mm per i punti architettonici) si può procedere all'elaborazione della Cloud/Mesh, la quale a sua volta presenta un errore. Per ridurre questo errore si possono ponderare i pesi degli errori dei target, diminuendo il peso (Weight) di questi ultimi, da un valore pari a 1.00 a un valore di 0.001. In questo modo la nuvola è più libera di rototraslare sull'altra (Home). È così possibile generare un nuovo ScanWorld corrispondente all'unione delle due nuvole.

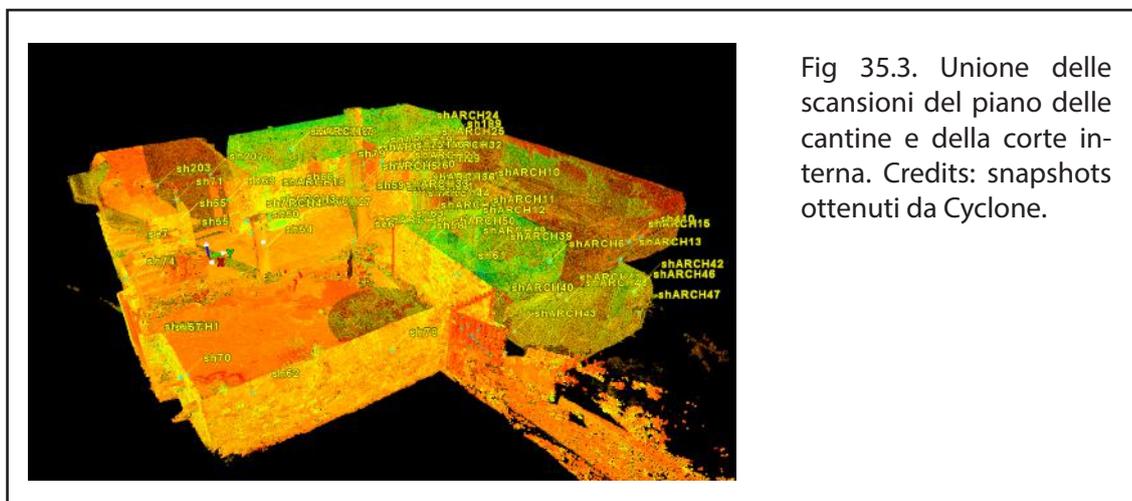
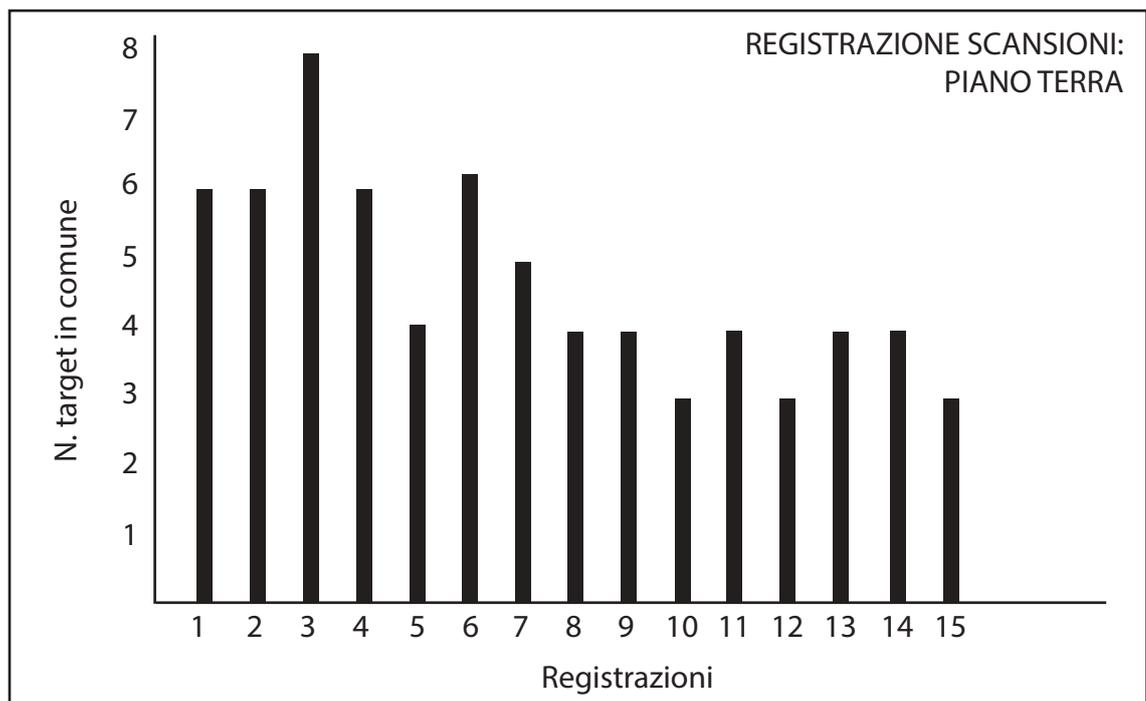
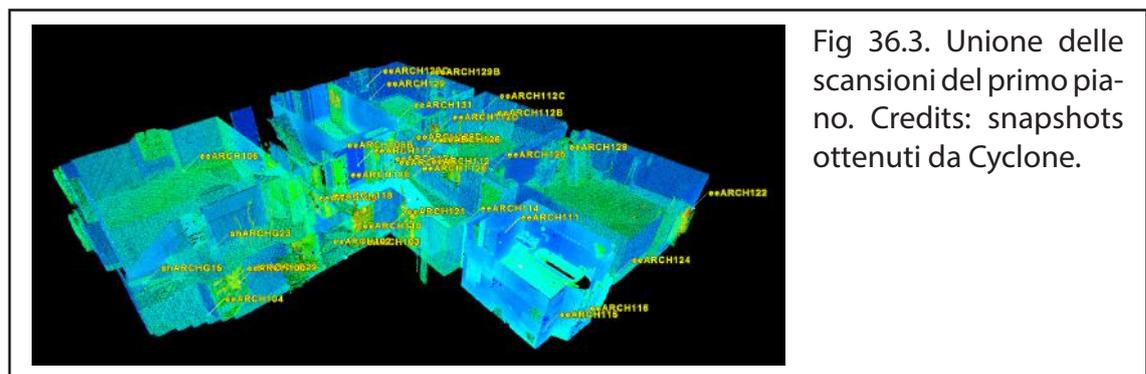
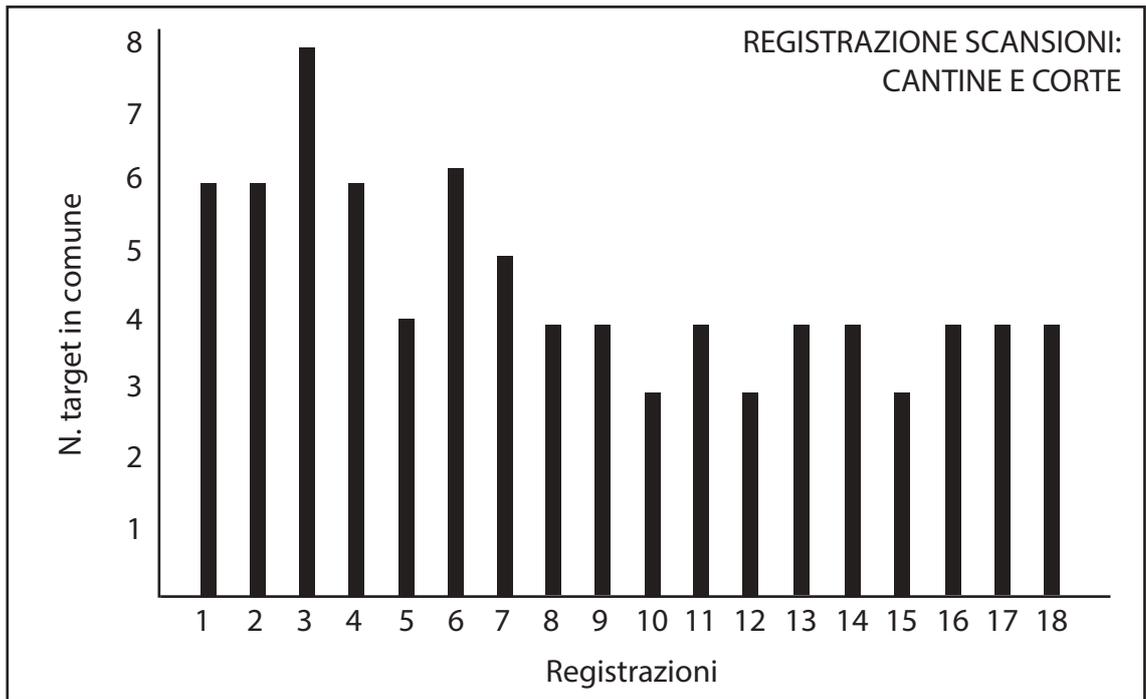
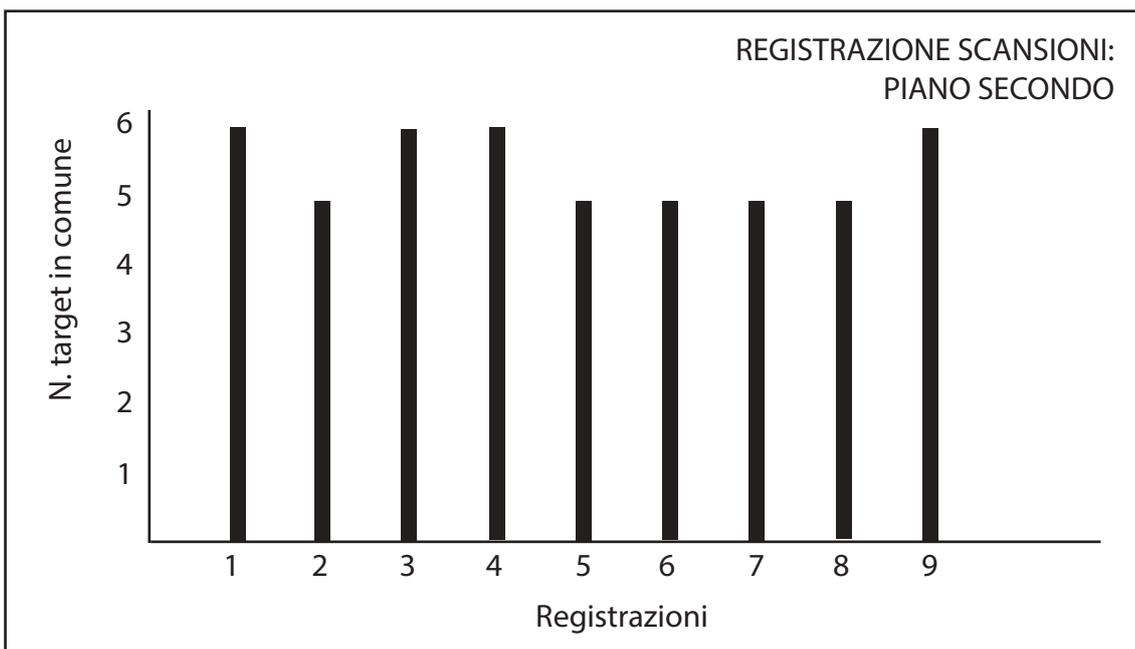
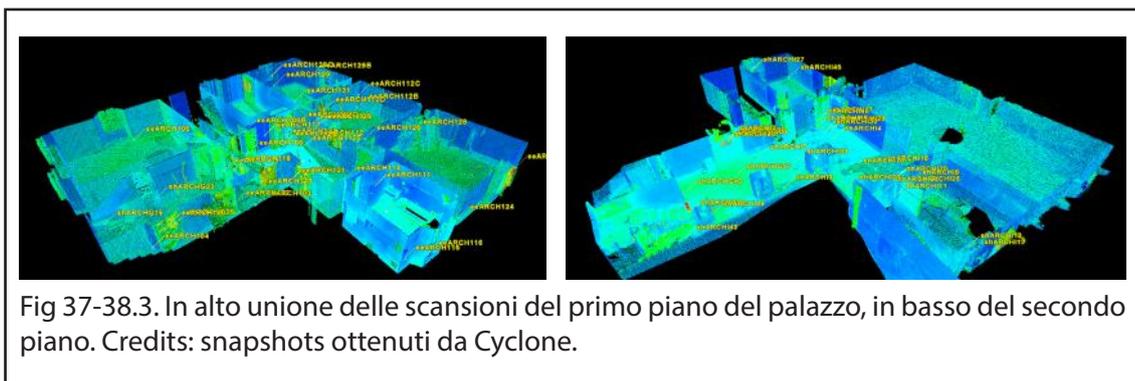
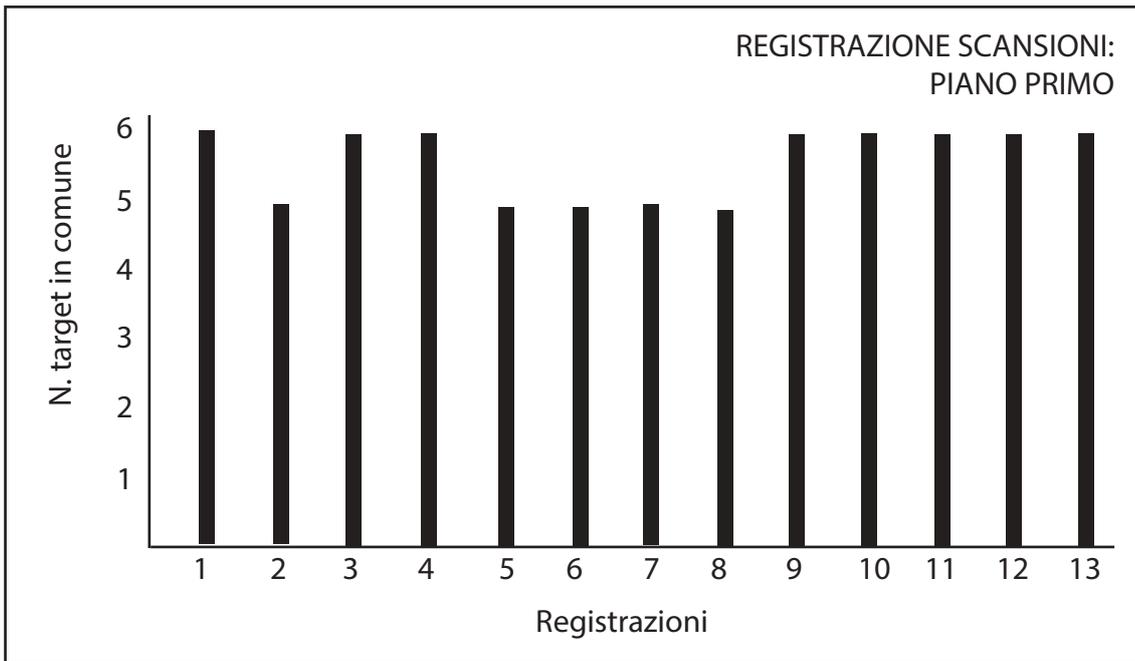
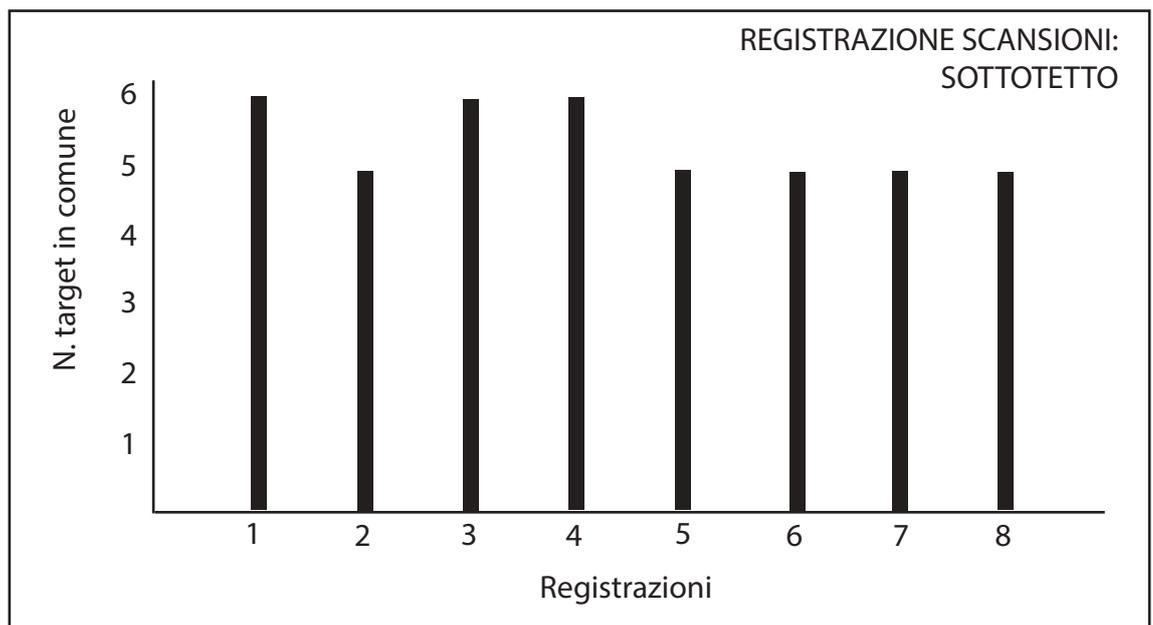
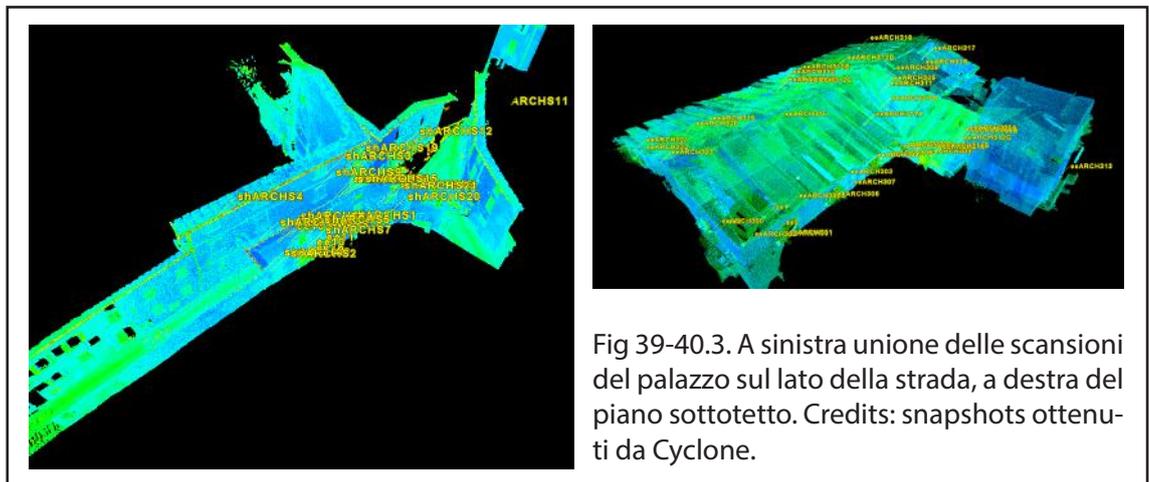
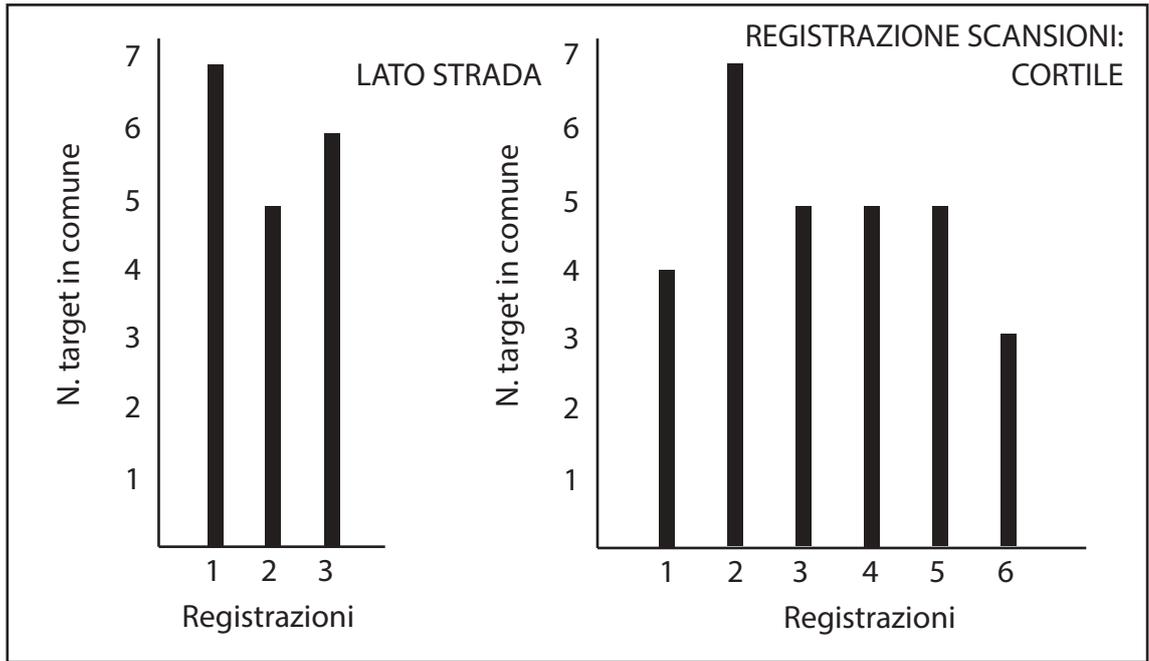


Fig 35.3. Unione delle scansioni del piano delle cantine e della corte interna. Credits: snapshots ottenuti da Cyclone.









3.4.3 Modello 3D ottenuto

Al termine dell'operazione di unione di tutte le scansioni è stato ottenuto il modello tridimensionale completo del palazzo, del giardino e degli spazi confinanti, sotto forma di nuvola di punti. La restituzione 3D costituisce un vero e proprio modello digitale in scala reale, che rappresenta fedelmente il manufatto con un livello di dettaglio corrispondente a quello desiderato e pianificato in fase di rilievo. Per il palazzo in oggetto si è arrivati a un livello di dettaglio 1:100 per piante, prospetti e sezioni e 1:200 per la sezione ambientale e la planimetria.

Il risultato dell'intera campagna di rilevamento e della successiva elaborazione dei dati ha quindi come obiettivo principale quello di restituire un modello 3D spendibile in diversi ambiti e per diversi scopi (Remondino et al, 2011):

- Per analisi geometriche;
- Per attività di visualizzazione e interazione;
- Per preservare e trasmettere a generazioni future lo stato di conservazione del manufatto, per operazioni di monitoraggio, per eventuali ed ulteriori analisi e studi;
- Per la catalogazione e classificazione (archivi digitali);
- Per contenuti digitali e fruizione remota e on-line negli ambiti della ricerca, dell'educazione, della conservazione, dell'animazione, del turismo, etc.

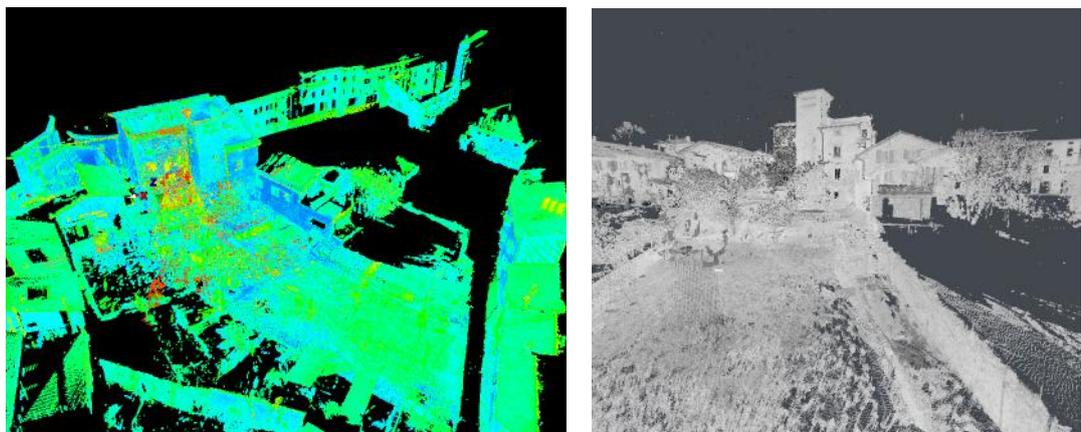


Fig 43-44.3. A sinistra vista del modello 3D in Cyclone, a destra in Recap. Credits: snapshots ottenuti da Cyclone e Recap.

3.5 Cenni di fotogrammetria digitale

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo basata su immagini fotografiche e ha come oggetto la rigorosa ricostruzione della corrispondenza geometrica tra fotogramma e oggetto reale al momento dell'acquisizione. Essa consente di definire la posizione, la forma e le dimensioni degli oggetti sul terreno, utilizzando le informazioni contenute in opportune immagini fotografiche degli stessi oggetti, riprese da punti diversi (Canarozzo et al., 2012, pp 3).

Per alcuni elementi del palazzo (facciata su via Opifici, quella su via Rusca, affresco interno) è stato effettuato il rilievo anche attraverso la fotogrammetria digitale. Il software utilizzato, poi, per la ricostruzione fotogrammetrica è stato Agisoft PhotoScan Professional Version 1.2.6 (ora Agisoft Metashape), un programma che consente la creazione di modelli tridimensionali di qualità professionale partendo da immagini fisse. Il procedimento seguito viene descritto nelle seguenti fasi:

- Campagna di rilevamento. In questa fase i fotogrammi contigui, nonché gli scatti successivi eseguiti dall'operatore, devono avere un grado minimo di sovrapposizione pari a 60% circa, sia in orizzontale che in verticale; ai fini di un'ottima ricostruzione della geometria occorre che uno stesso punto compaia in cinque fotogrammi differenti⁶.

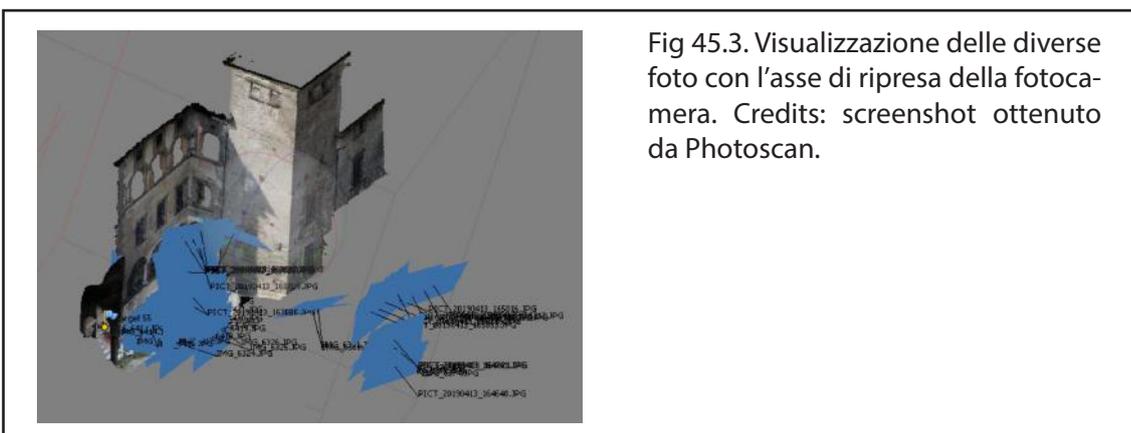


Fig 45.3. Visualizzazione delle diverse foto con l'asse di ripresa della fotocamera. Credits: screenshot ottenuto da Photoscan.

6. Nel manuale "Agisoft PhotoScan Manuale d'uso – Versione Professional, Versione 1.2" (2016) si precisa che le foto possono essere prelevate da qualsiasi posizione, a condizione che l'oggetto da ricostruire sia visibile su almeno due foto, in quanto PhotoScan è in grado di ricostruire la geometria visibile da almeno due fotocamere. Il grado di sovrapposizione riportato costituisce, quindi, un valore ottimale e non minimo per la successiva elaborazione.



- Elaborazione dei dati. Questo processo produttivo è articolato, a sua volta, in tre passaggi:
 - Allineamento dei fotogrammi. Il software utilizza la tecnica della Structure From Motion (SFM) ovvero ricostruisce le posizioni della fotocamera all'atto della presa e la geometria della scena tridimensionale individuando punti omologhi nei fotogrammi. Il risultato di questa fase è una nuvola di punti colorizzati che rappresenta la geometria dell'oggetto e la visualizzazione delle diverse fotografie con l'asse di ripresa della fotocamera.
 - Generazione della mesh. Questa fase consiste nella creazione di superfici triangolate attraverso diversi algoritmi, che permettono una ricostruzione ottimale della geometria.
 - Generazione della texture. L'ultima fase è la creazione della tessitura superficiale del modello, ripresa direttamente dalle fotografie.

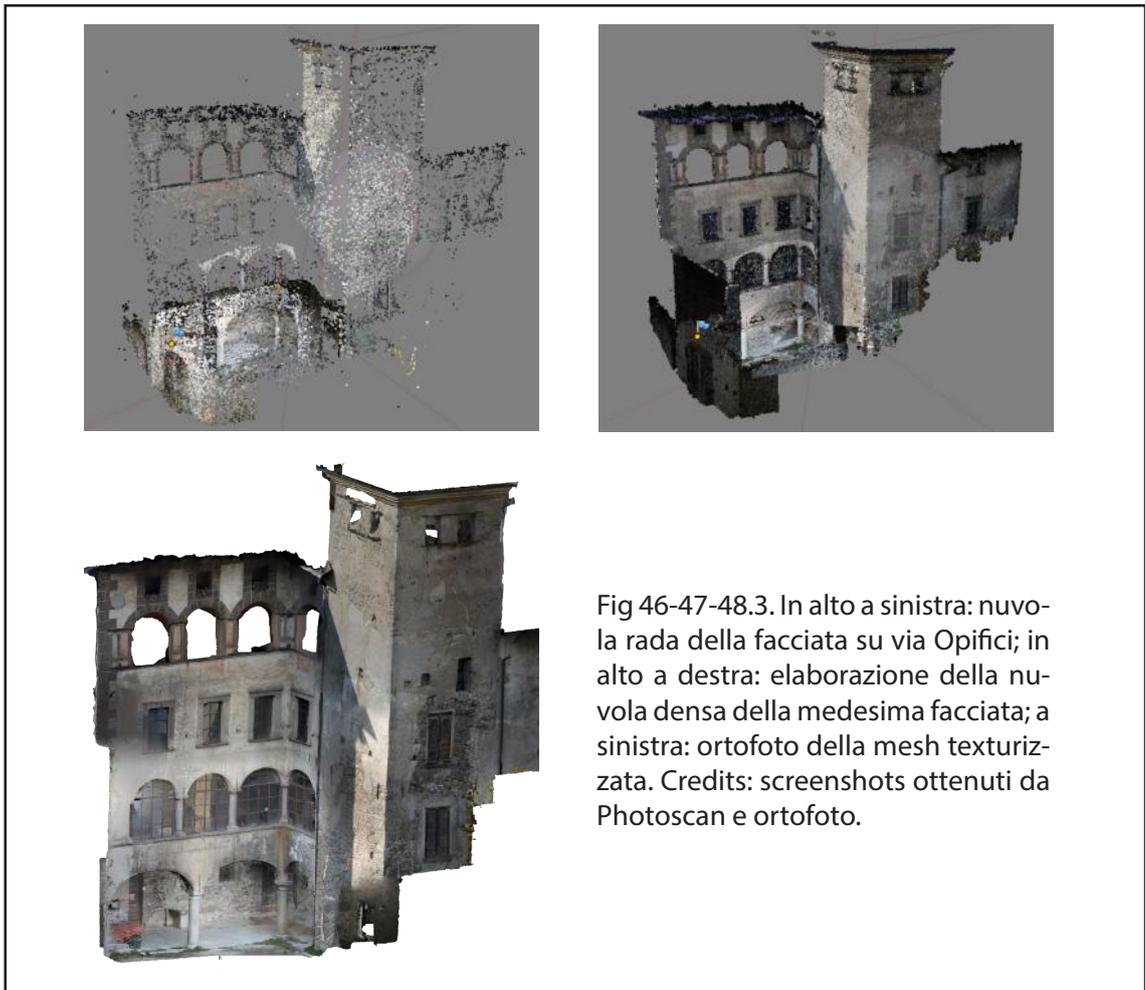


Fig 46-47-48.3. In alto a sinistra: nuvola rada della facciata su via Opifici; in alto a destra: elaborazione della nuvola densa della medesima facciata; a sinistra: ortofoto della mesh texturizzata. Credits: screenshots ottenuti da Photoscan e ortofoto.

3.6 Bibliografia

- V. Bonora, A. Nobile, G. Tucci, Modulo D11 – Scansione laser terrestre, Dispense dei corsi per Operatore Geomatico, Corsi di specializzazione pratica GeoCampus, Leica Geosystems, 2011, pp 40.
- L. Bornaz, Principi di funzionamento e tecniche di acquisizione, atti del Convegno nazionale ASITA, 2003.
- S. Gonizzi Barsanti, F. Remondino, B. Jiménez Fenández-Palacios and D. Visintini, Critical factors and guidelines for 3D surveying and modelling in Cultural Heritage, in *International Journal of Heritage in the Digital Era*,
• vol 3 n 1, 2014, pp 142-145
- G. Guidi, F. Remondino, 3D Modelling from Real Data, in *Modeling and Simulation in Engineering*, IntechOpen, 2012, pp 69-87.
- M. Russo, F. Remondino, G. Guidi, Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico, in *Archeologia e Calcolatori*, 22, 2011, pp 169-198.
- F. Remondino, A. Rizzi, G. Agugiaro, B. Jimenez, F. Menna, F. Nex, G. Baratti, Rilievi e Modellazione 3D, in *Atti della 15ª Conferenza Nazionale ASITA*, Reggia di Colorno, 15-18 novembre 2011.
- F. Remondini, S. El-Hakim, Image-based 3D modelling: a review, in *The Photogrammetric Record*, 21, Settembre 2006, pp 269-291.
- M. Sgrenzaroli, G. Vassena, Tecniche di rilevamento tridimensionale tramite laser scanner, Vol I, Starrylink Editrice Brescia, 2007.
- E. Bertacchini, A. Capra, C. Castagnetti, M. Dubbini, R. Rivola, I. Toschi, Utilizzo del laser scanner per i beni culturali: analisi dell'assetto geometrico strutturale e di specifiche anomalie geometriche, in *Atti 15ª Conferenza Nazionale ASITA*, Reggia di Colorno, 15-18 novembre 2011.
- A. Angelini, R. Gabrielli, Laser scanning e photo scanning. Tecniche di rilevamento per la documentazione 3D di beni architettonici ed archeologici, in *Archeologia e Calcolatori*, 24, 2013, pp 379-385.



- R, Cantoni, G. Vassena, C. Lanzi, Integrazione tra laser scanning e metodologie di rilievo tradizionali nella ricostruzione 3D, in Atti VI Conferenza Nazionale ASITA - Perugia, 5-8 Novembre 2002.
- Interfaccia e uso di software per il processamento di nuvole di punti, Accademia Adrianea di Architettura e Archeologia ONLUS, Alma Mater Studiorum Università di Bologna.
- F. Remondino, Accurate and Detailed Image-Based 3D Documentation of Large Sites and Complex Objects, in Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation, Series Editor Rastislav Lukac, 2011, pp 74-76.
- K. Kraus, Fotogrammetria, Levrotto e Bella, 1994, Torino.
- A. Selvini, Principi di fotogrammetria, CittàStudiEdizioni, 1994, Milano.
- Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, Fotogrammetria in Misure, Rilievo, Progetto, Zanichelli editori, Bologna, 2012.



4. RESTITUZIONE BIDIMENSIONALE E TRIDIMENSIONALE PER L'ANALISI ARCHITETTONICA

4.1. Dal modello tridimensionale a quello bidimensionale

A partire dalla nuvola di punti, quindi dal modello tridimensionale, la restituzione vettoriale deve essere eseguita dall'operatore attraverso la ricostruzione della geometria seguendo le discontinuità principali dell'oggetto da rilevare. A questo fine vengono integrate le informazioni derivanti da sezioni ed ortofoto del modello.

In questo caso studio la nuvola di punti ottenuta da Cyclone è stata convertita in file .ptx e trasportata nel programma Autodesk Recap, dove è stato possibile esplorarla in maniera più dinamica e veloce. Da quest'ultimo è stato estrapolato il file .rcp, direttamente importabile nel software AutoCAD. In quest'ambiente è stato possibile gestire la visualizzazione delle nuvole di punti attraverso l'individuazione di piani che possono regolare le porzioni visibili del modello. In questo modo si possono individuare dei piani di taglio orizzontali o verticali che producono i profili di sezione del modello alle quote desiderate ed è possibile ricalcare questi profili in maniera diretta modificando, se necessario, lo spessore della sezione in gioco.

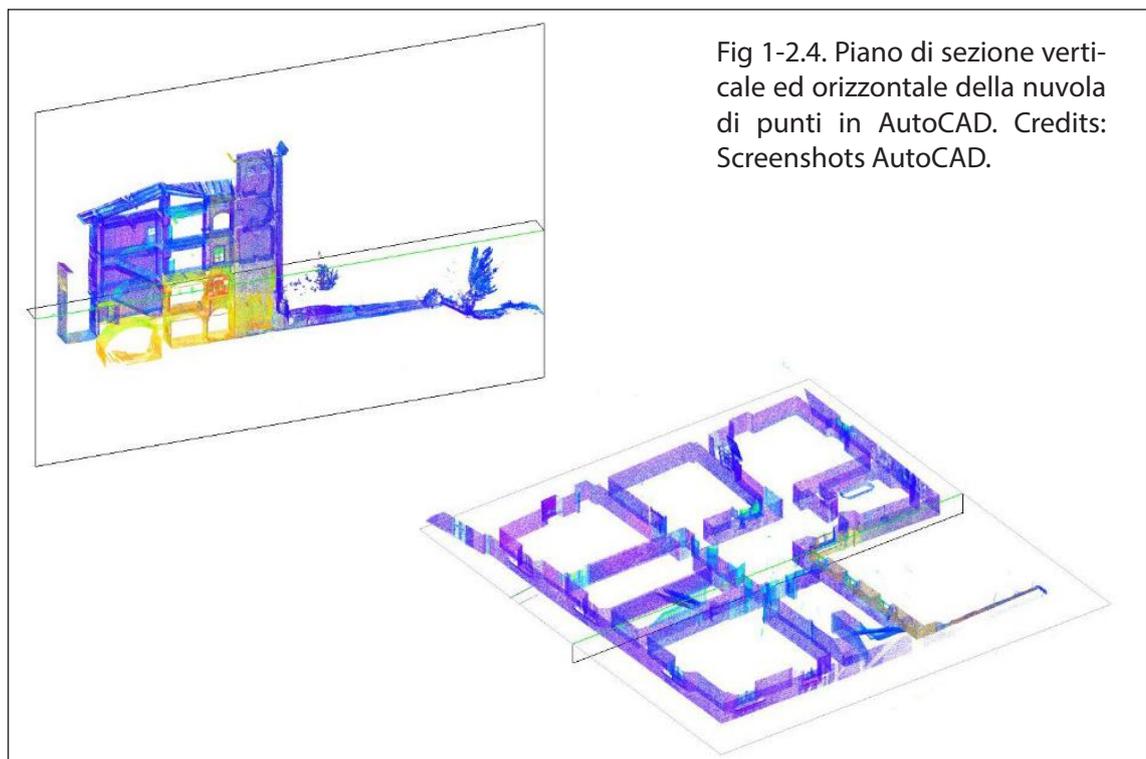


Fig 1-2.4. Piano di sezione verticale ed orizzontale della nuvola di punti in AutoCAD. Credits: Screenshots AutoCAD.

In tale operazione assume notevole importanza la scelta della scala di rappresentazione, ossia il rapporto con il quale si riducono le dimensioni reali rispetto a quelle rappresentate. La determinazione della scala definisce il riferimento a cosa sia necessario rappresentare e risolve, a priori, quali e quante informazioni discrete occorra rappresentare nel disegno. È necessario precisare, però, che tale attenzione riguarda anche la fase di rilevamento: proprio in questo passaggio, infatti, si fissa la migliore maniera di rintracciare, sul reale, il numero sufficiente di punti notevoli discreti che, in successiva elaborazione, permetteranno la realizzazione di un modello grafico a una predeterminata scala di rappresentazione (Docci, 2007).

Nel rilevamento del palazzo Besta de' Gatti si è deciso di produrre elaborati grafici bidimensionali con scala 1:100 per piante, sezioni e prospetti e 1:200 per la planimetria e la sezione ambientale. Nella fase di ricalco della nuvola è stata riscontrata una buona qualità e quantità di informazioni, nonché di numero di punti, che ha permesso una definizione completa delle geometrie con un numero bassissimo di elementi ipotizzati.



Fig 3-4.4. A sinistra: operazione di ricalco della sezione del palazzo; a destra: ricalco delle porzioni di prospetto. Credits: Screenshots AutoCAD.



4.2. Modello tridimensionale come base per l'analisi

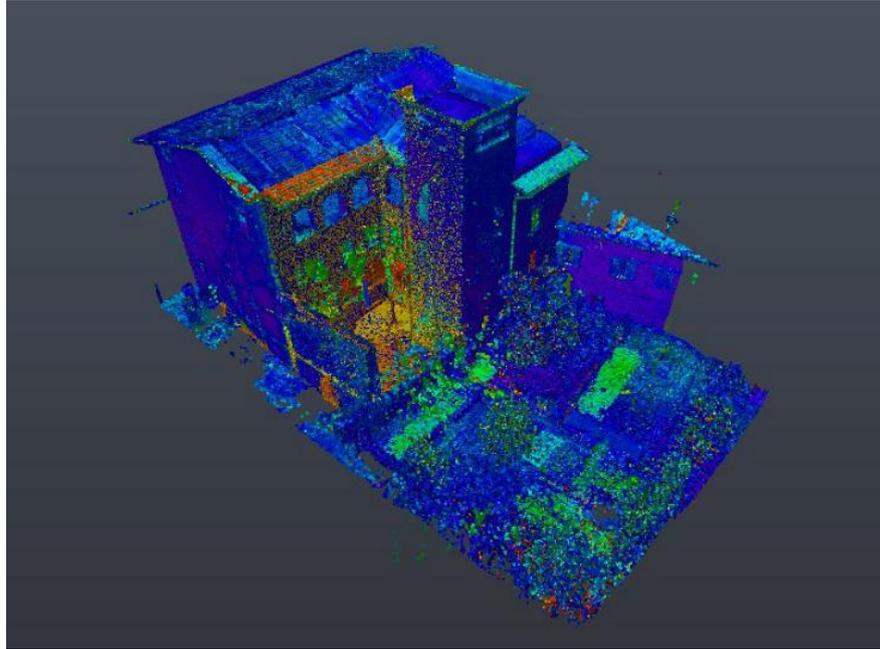


Fig 5.4. Modello tridimensionale della nuvola di punti nel software Recap. Credits: Snapshot Recap.

Il modello digitale tridimensionale ottenuto permette uno studio degli aspetti dell'architettura che oltre a rappresentare il manufatto, permette di esplorarne dinamicamente le forme e monitorare lo stato di conservazione.

Esso ha la capacità di contenere al suo interno tutte le informazioni descritte nei disegni bidimensionali con la possibilità di sintetizzare il tutto in un unico elaborato da studiare nelle tre direzioni. Nel caso del palazzo Besta de' Gatti, la nuvola di punti 3D (e il successivo modello generato con il software Geomagic) ha permesso un'analisi spaziale dinamica potendo accedere ad ogni spazio in tempo reale e lavorando in contemporanea nelle tre direzioni dello spazio.

In generale i modelli tridimensionali utilizzati per la conoscenza approfondita del manufatto presentano finalità quali: interventi di recupero, realizzazione di sistemi informatici applicati all'architettura e valorizzazione e divulgazione dei beni culturali (Docci, 2007).

4.3 Descrizione del palazzo e analisi degli elementi architettonici tramite lettura degli elaborati grafici

4.3.1 Facciata su via Rusca

Al palazzo si accede da via Rusca attraverso un portone in legno sul cui portale in pietra trionfa lo stemma della famiglia Besta de' Gatti. A questo è sovrapposta un'apertura di dimensioni piuttosto ridotte e chiusa da una grata. La facciata d'entrata risulta molto pulita ed essenziale a livello geometrico: le otto finestre, che affacciano sulla via, sono tutte di forma rettangolare, presentano cornici semplici in pietra e rispettano le proporzioni (l'altezza è il doppio della larghezza) di molte finestre di edifici milanesi e della pianura lombarda (Galletti, Mulazzani, 1983). Esse sono disposte tra loro allineate lungo l'asse verticale, ma dividono la facciata in maniera asimmetrica: due assi sono costituiti da tre finestre rettangolari e un'apertura minore, in corrispondenza del sottotetto, e si trovano nella parte sinistra della parete, mentre l'ultimo asse è costituito solamente da due finestre sovrapposte e la medesima apertura più piccola in sommità ed è collocato nella parte destra. I tre assi dividono la facciata in tre fasce di dimensioni differenti, delle quali la terza a partire da sinistra ospita il portone d'ingresso, traslato, quindi, rispetto al centro leggermente verso destra.



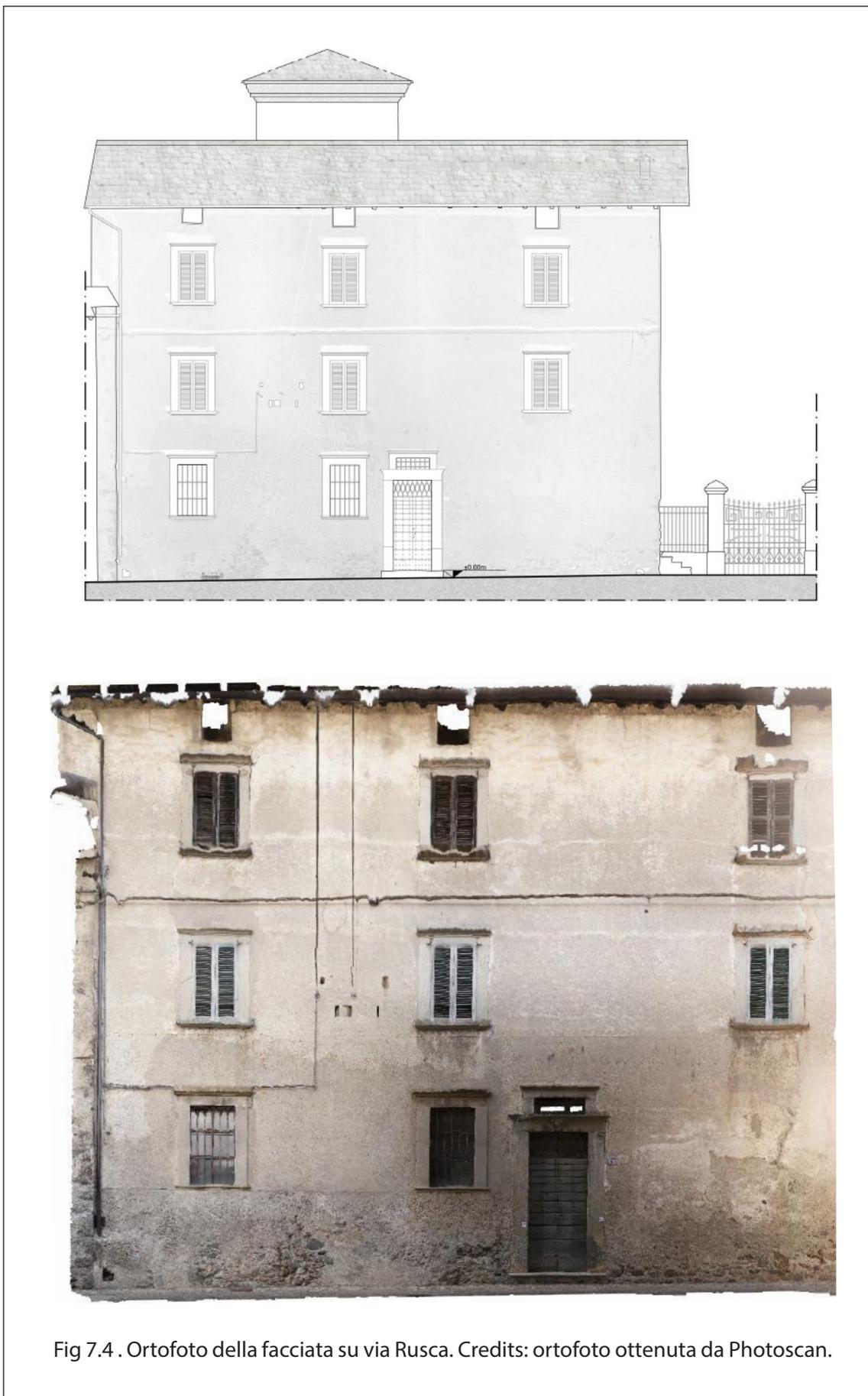


Fig 7.4 . Ortofoto della facciata su via Rusca. Credits: ortofoto ottenuta da Photoscan.

La parete perviene, al giorno d'oggi, intonacata di una tinta chiara e neutra a partire dalla linea di base della finestra del piano terra; nella fascia inferiore, invece, riaffiora da uno strato di malta parzialmente deteriorato la muratura in elementi lapidei di tipologia principalmente granitica e tufacea e di varie dimensioni (comprese tra i 5 e i 20 centimetri di altezza e larghezza). Essi sono caratterizzati da forme irregolari ma prevalentemente tondeggianti, si distinguono parzialmente, quindi, dalle pietre che si vedranno nella torre. Da notare, però, è lo sgraffito che definisce una fascia marcapiano e quello appena leggibile sulla sommità centrale della parete; esso risulta di particolare importanza, in quanto riporta la data "15--" e sta probabilmente ad indicare il secolo in cui sono state apportate le modifiche in epoca rinascimentale al preesistente nucleo medievale; la parte restante dell'ornamento è di difficile lettura a causa dello stato di degrado attuale.



Fig 8-9-10.4 . Sopra a sinistra sgraffito con data "15--", sopra a destra sgraffito a marcapiano della facciata, sotto paramento murario della facciata su via Rusca a fianco del portone d'ingresso. Credits: foto d'autore.



Il palazzo presenta un secondo accesso da Largo Quadrio Curzio, attraverso una scaletta composta da quattro gradini, che porta al piano terra dell'abitazione direttamente alla stanza che, nell'ultimo secolo fino al 1960 circa, era adibita a farmacia. Il portone è costituito sempre in legno, ma con decorazione e colore differenti rispetto a quello principale. Anche questa parete rivela la stratigrafia della muratura in pietre, malta e intonaco, in stato di deterioramento. A destra, attraverso una grande cancellata, un passaggio in forte pendenza conduce ad un portone ad arco che immette nel giardino.

4.3.2 Facciata su via Opifici

La facciata più interessante, però, si può ammirare da via Opifici. È proprio questa la più ricca di elementi rinascimentali e decorativi. Essa si compone di un portico al piano delle cantine, che si apre alla corte interna attraverso tre fornici a sesto ribassato, delle quali due visibili da sud-est e l'ultima da sud-ovest, sostenute da quattro colonne in pietra.

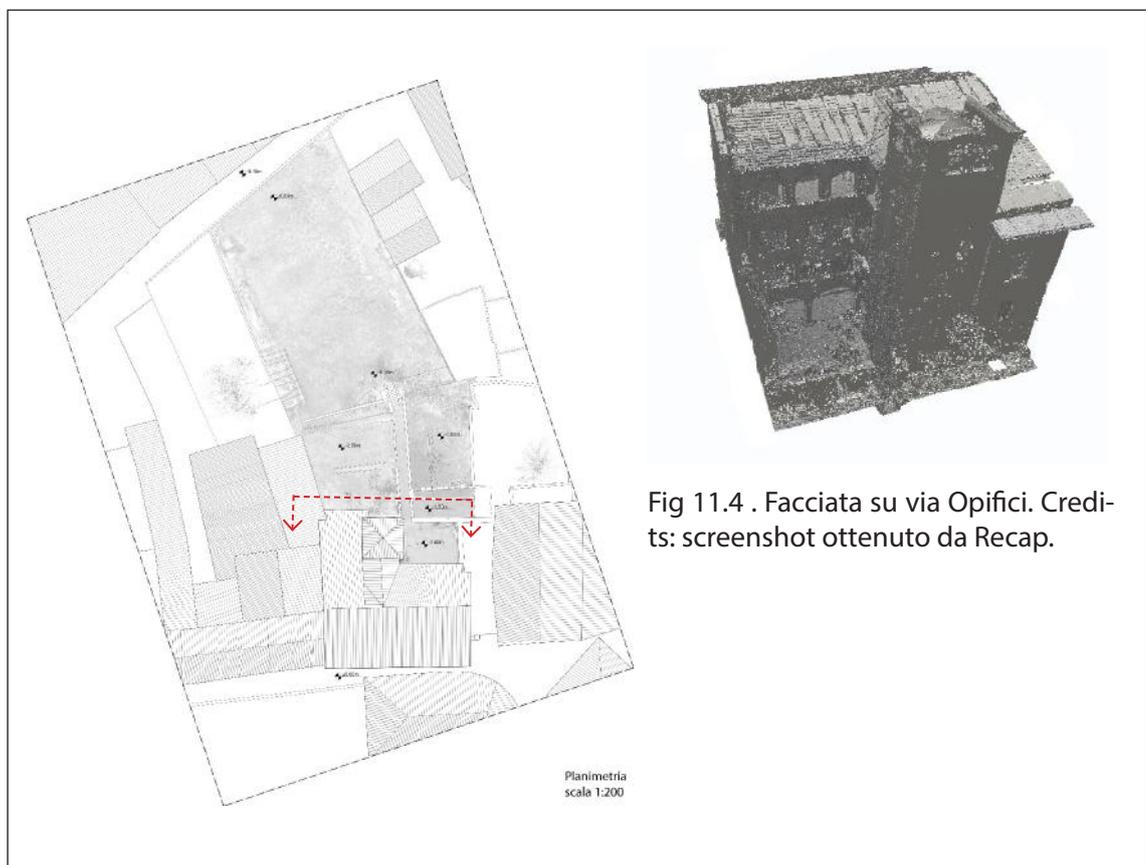
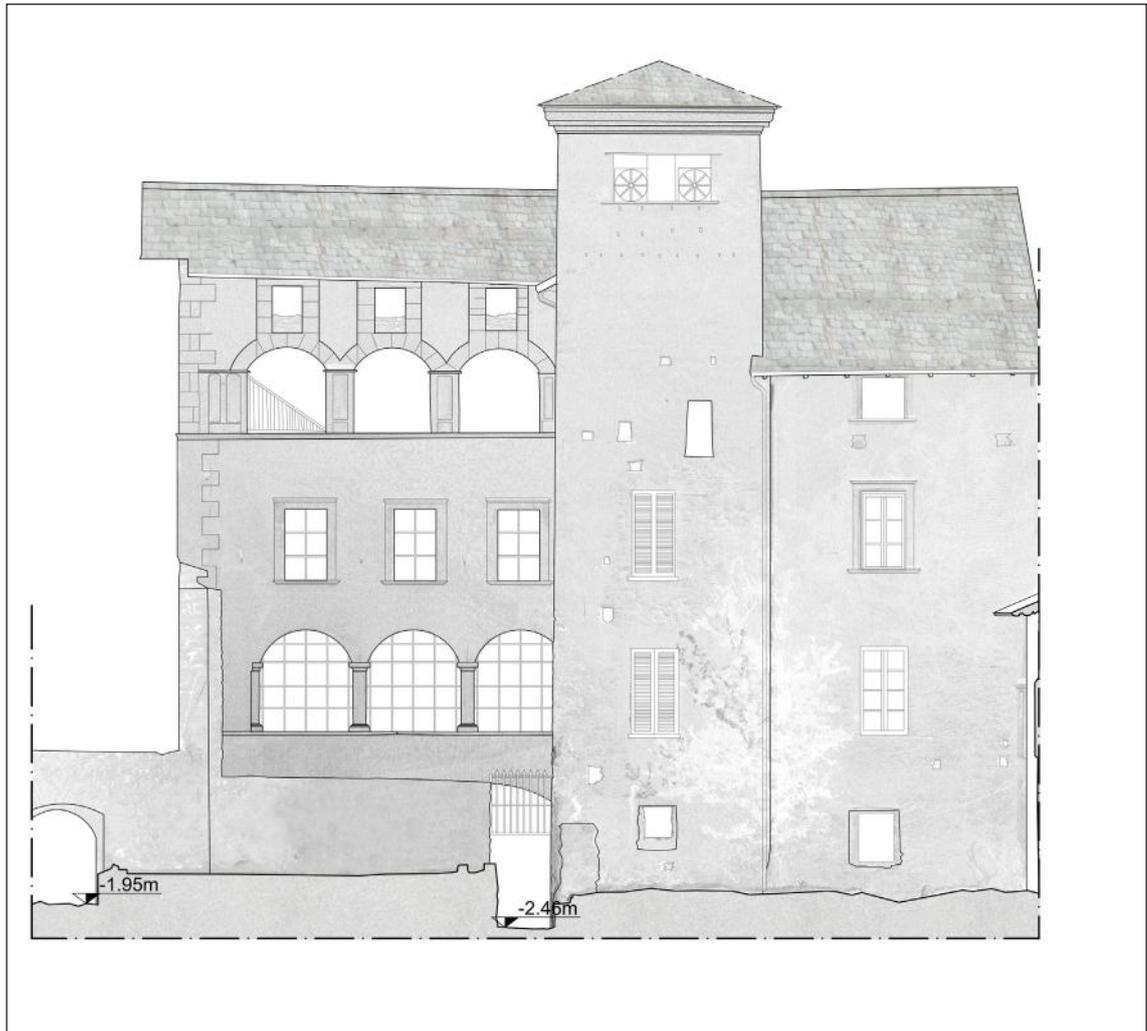


Fig 11.4 . Facciata su via Opifici. Credits: screenshot ottenuto da Recap.

Il piano terra è separato dal piano inferiore attraverso un marcapiano molto fine e si apre sulla corte attraverso quattro aperture a sesto ribassato sostenute da colonne. L'estesa superficie vetrata (inserita in un telaio in ferro e messa in opera all'inizio del Novecento), unita alla sua esposizione a sud, permette di creare all'interno del salone principale al piano terra un ambiente luminoso e arioso. Le colonne che separano le finestre sono caratterizzate da un fusto liscio e capitello fogliato, elemento locale tipico lombardo, caratteristico del Quattrocento e utilizzato frequentemente nel Cinquecento in Valtellina. Al primo livello le finestre diventano rettangolari e rispettano le medesime proporzioni di quelle della facciata sul lato strada (presentano un'altezza inferiore di cinque centimetri e una larghezza inferiore di due), con stipiti ed architrave in pietra; i loro centri coincidono con i centri degli archi sottostanti, così da ottenere una distribuzione regolare e simmetrica dei vuoti (Murray, 1998). Salendo di piano è possibile ammirare la loggia, che si apre verso l'esterno attraverso quattro archi non finestrati, sempre a sesto ribassato e sempre delimitati da un marcapiano che funge anche da davanzale. Questi sono incorniciati da una fascia in pietra, decorata con motivi geometrici lineari, che li collega direttamente alle quattro aperture in sommità di forma quadrata e di dimensioni ridotte. I centri di queste ultime due aperture coincidono tra loro, non sono invece allineati con i centri delle finestre dei primi due piani: questo fa pensare che gli ultimi due piani potrebbero essere delle aggiunte di epoca successiva.



Fig 12-13-14.4. A sinistra facciata visibile da via Opifici, a destra una colonna al piano delle cantine e una tra le finestre al piano terra. Credits: foto d'autore.



La facciata è caratterizzata da una decorazione cosiddetta "a sgraffito", che funge da elemento di separazione o congiunzione tra piani. Questa tecnica prevedeva la stesura di un primo strato di intonaco scuro e un successivo strato di intonaco chiaro; veniva poi riportato il disegno da ottenere graffiando il rivestimento esterno, in modo da portare alla vista quello sottostante e facendo quindi riaffiorare il decoro desiderato (A. Weyer, 2015). Nella facciata in oggetto è presente una decorazione a marcapiano tra il piano delle cantine e il piano terra con motivi geometrici a triangolo: triangoli isosceli si incastrano tra loro, ruotando di 90° . Ogni due triangoli un terzo si colora di una tinta più scura; si crea in questo modo, tra loro, un gioco ulteriore di incastri, essendo i triangoli colorati invertiti in successione. In posizione centrale, inoltre, è possibile osservare uno sgraffito costituito da due rettangoli affiancati e decorati con motivi circolari e nappi in corrispondenza dei vertici.

Tra il piano terra e il primo piano la decorazione a marcapiano si differenzia e assume forme circolari, con gli stessi motivi presenti nell'ornamento centrale descritto precedentemente. In questa fascia i disegni di forma rettangolare si trovano in asse con le colonne del piano sottostante. In particolare, è possibile notare che il rettangolo più a sinistra racchiude un anno "1619", che corrisponde probabilmente all'anno di realizzazione degli sgraffiti stessi.

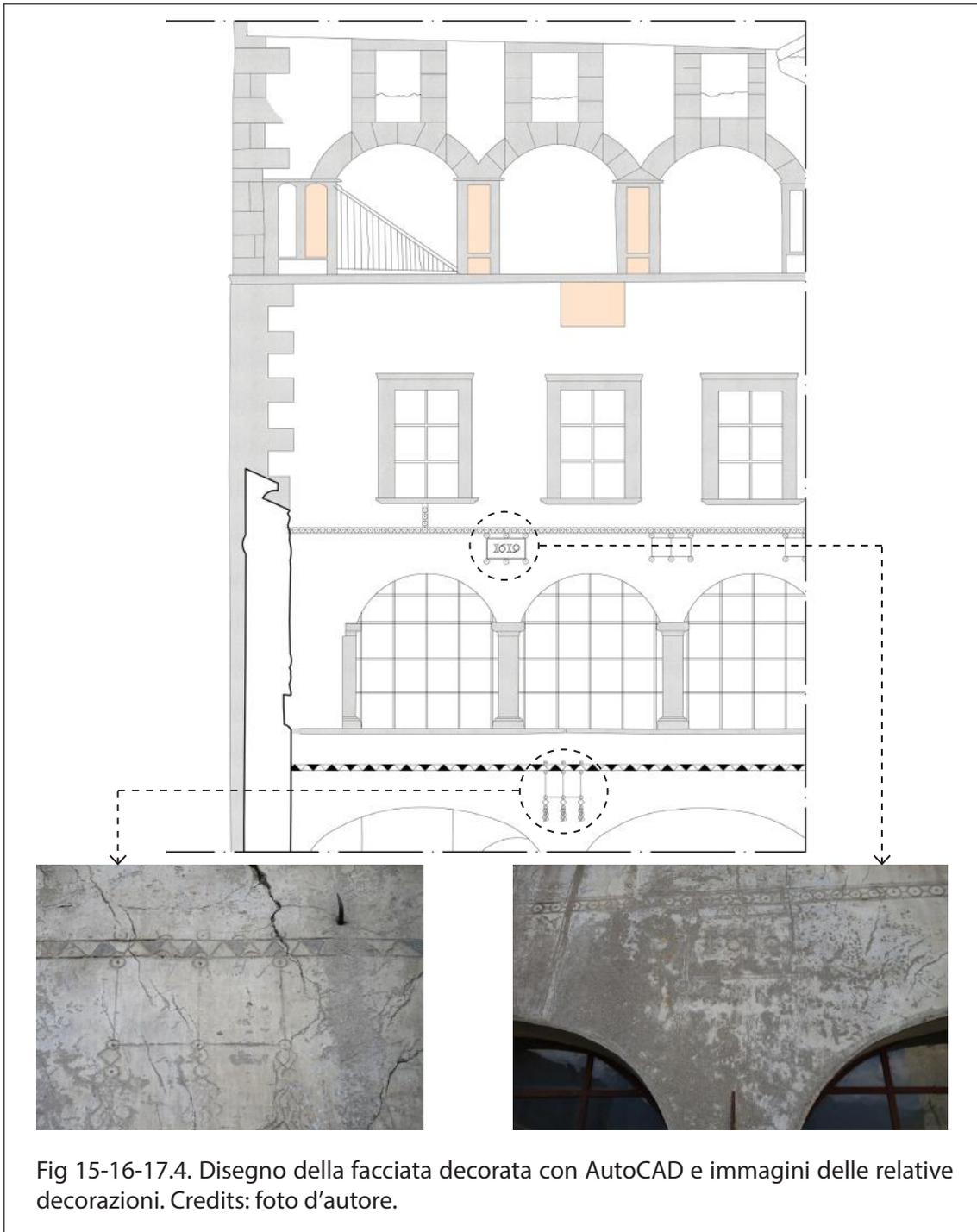


Fig 15-16-17.4. Disegno della facciata decorata con AutoCAD e immagini delle relative decorazioni. Credits: foto d'autore.



Tra il primo e il secondo livello non risulta visibile alcuna decorazione, forse a causa del forte degrado dell'intonaco o forse per un'effettiva assenza di ornamento. Si notano, però, due rettangoli di colorazione differente sottostanti al marcapiano che funge da balcone della loggia. Questi sono allineati verticalmente con le finestre dei primi due piani e, quindi, disallineati con le aperture soprastanti. Il colore utilizzato per questi riquadri lo si ritrova anche nelle modanature delle colonne a base quadrata, che sorreggono le arcate della loggia. Gli ultimi due piani si arricchiscono di una decorazione in pietra che riprende i conci bugnati a rustico presenti in corrispondenza dello spigolo sinistro, tipici elementi dei palazzi rinascimentali (Murray, 1998). La decorazione, quindi, è geometricamente molto semplice e funge da ornamento della facciata senza appesantire la composizione dei suoi elementi architettonici. Sulla parete sono presenti, inoltre, alcuni elementi e anelli metallici, che fungevano nel passato come porta lumi. Allo stato di fatto in cui perviene l'abitazione, questa facciata risulta l'unica decorata e costituisce la testimonianza di un certo gusto estetico rinascimentale raffinato e ricercato.



Fig 18.4. Vista della facciata interna dal cortile. Credits: foto d'autore.

L'altra facciata che dà sul giardino, a destra della torre, ha un profilo molto più semplice e non presenta decorazioni. Si compone di quattro finestre, due di forma rettangolare centrali e due non vetrate e di dimensioni minori in corrispondenza del piano delle cantine e del secondo piano. I centri delle quattro aperture sono tra loro allineati, mentre le cornici in pietra si trovano solamente al primo e secondo livello.

4.3.3 Torre-colombaia

L'ultimo corpo, che compone la facciata che si può osservare da via Opifici, è la torre-colombaia. Essa era sicuramente già inclusa nel nucleo originario medievale ed è collocata in posizione centrale rispetto al nucleo stesso, che si estende verso est, ora di altre proprietà. In generale la sua posizione rispetta la tipica ubicazione delle torri della Valtellina, "un'ubicazione sempre felice: dovendo dominare, si ergono in posizioni eminenti, sicché costituiscono ancor oggi un elemento pel fascino storico ed artistico dell'ambiente". In particolare, sul tema delle torri medioevali se ne parla (Torri e castelli di Valtellina e Valchiavenna, 1966) come di:

luoghi già naturalmente meglio adatti a sede di quell'elemento eminente, che non solo assunse funzione di guardia e di mezzo di teletrasmissione, ma altresì ruolo di segnacolo, verrebbe da dire totemico, ed alla fine implicitamente emblematico, della vita, della civiltà, dell'animus del tempo. [...] l'uomo trovò proprio nel sistema la garanzia della propria sopravvivenza, un notevole seppur non assoluto grado di sicurezza, e nei brevi momenti tranquilli probabilmente anche uno squarcio di serenità".

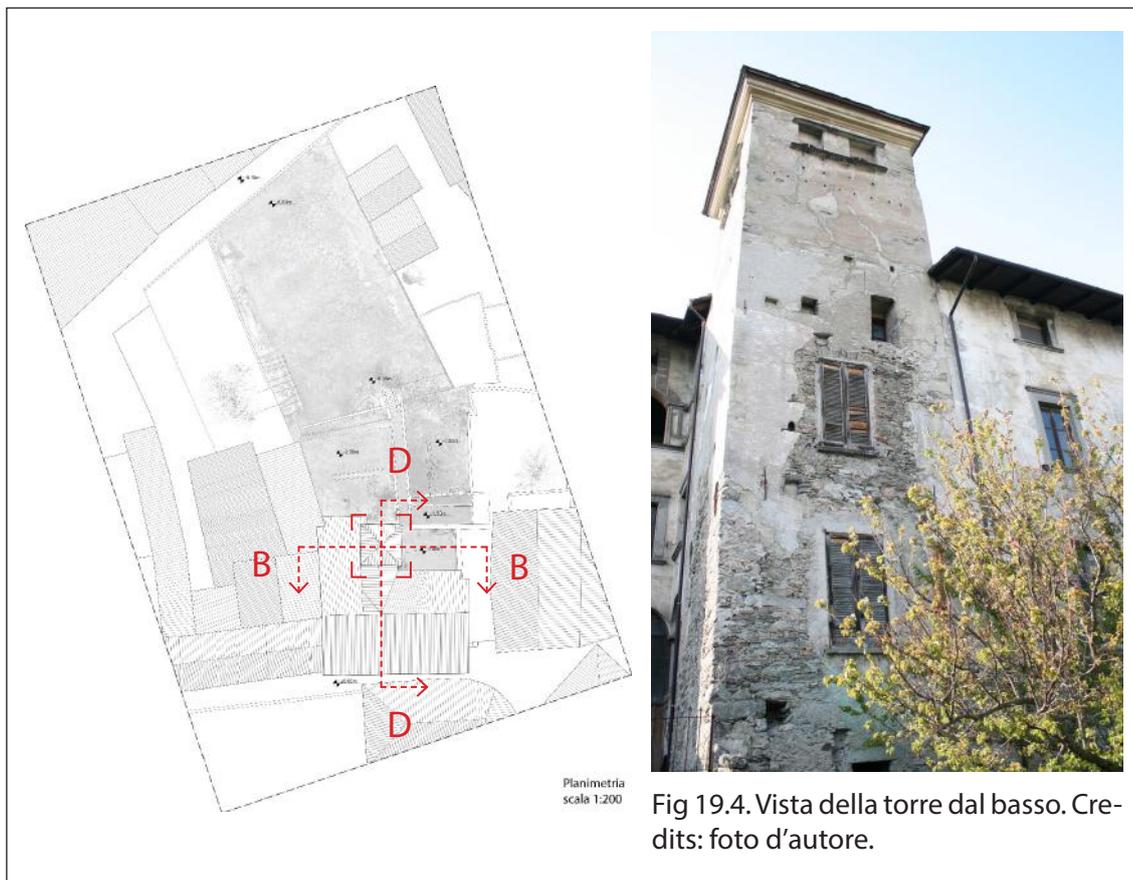


Fig 19.4. Vista della torre dal basso. Credits: foto d'autore.



La casa Besta de' Gatti era nata probabilmente più come ordinaria abitazione che come fortilizio vero e proprio, la funzione della sua torre, quindi, probabilmente si limitava alla guardia e alla difesa autonoma. In seguito all'ampliamento in altezza avvenuto intorno al '500, essa venne, inoltre, convertita in torre-colombaia. Questa tipologia era una costruzione tipica del paesaggio rurale fin dal medioevo ed era legata, in particolare, ai regimi feudali, che si servivano dell'allevamento dei columbidi per diversi scopi, quali l'agricoltura e in particolare la concimazione dei terreni, la caccia, l'alimentazione o per fini di protezione; il privilegio di tenere i colombi costituiva del resto un esplicito diritto dei feudatari (Gera, 1838).

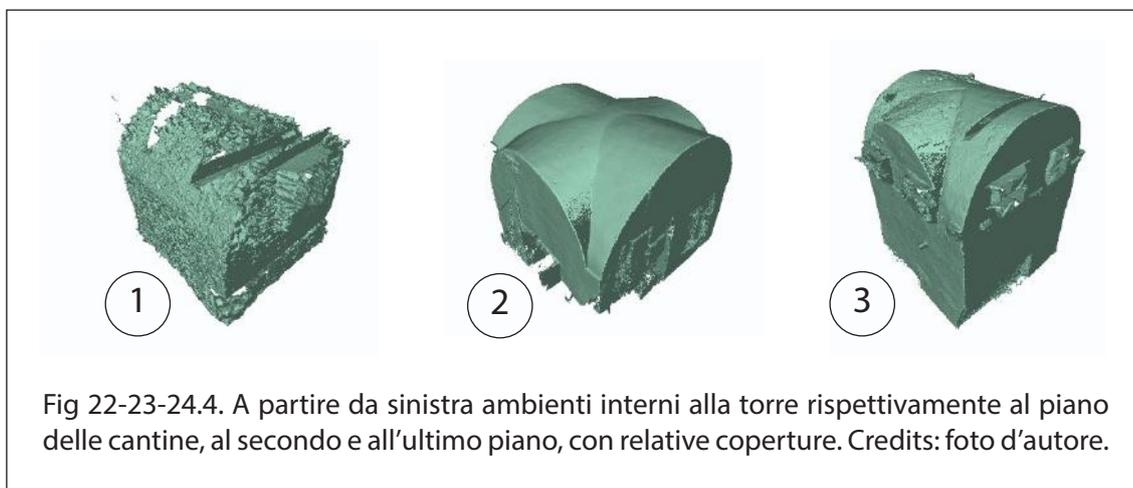
La torre è stata, quindi, inglobata nella posteriore casa di abitazione, fenomeno frequente in Valtellina (esempi ne sono la torre Paribella ad Albosaggia e il castello Masegra a Sondrio, Palazzo Quadrio Gandola a Chiuro e Palazzo Besta a Teglio) e si eleva su cinque livelli. Nella parete che affaccia sulla corte interna sono presenti solamente delle aperture di dimensioni molto piccole, mentre sulla parete ortogonale, che affaccia sul cortile esterno, è possibile individuare una finestra non vetrata di forma quadrata in corrispondenza delle cantine, due finestre vetrate rettangolari e prive di qualsiasi cornice decorativa in pietra per i due piani successivi, infine un'apertura sempre rettangolare vetrata, scentrata rispetto alle altre, per il secondo piano. Da notare sulla sommità della torre sono i quattro sfondati di colombaia, due per lato della torre stessa, caratterizzati da un motivo geometrico che richiama la forma della ruota o disco solare e che è possibile ritrovare anche sopra gli archi di palazzo Cilichini (Libro "Chiuro", 1989).



Fig 20-21.4. A sinistra gli sfondati di colombaia del palazzo Cilichini, a destra quelli della torre del palazzo de' Gatti. Credits: libro "Chiuro", foto d'autore.

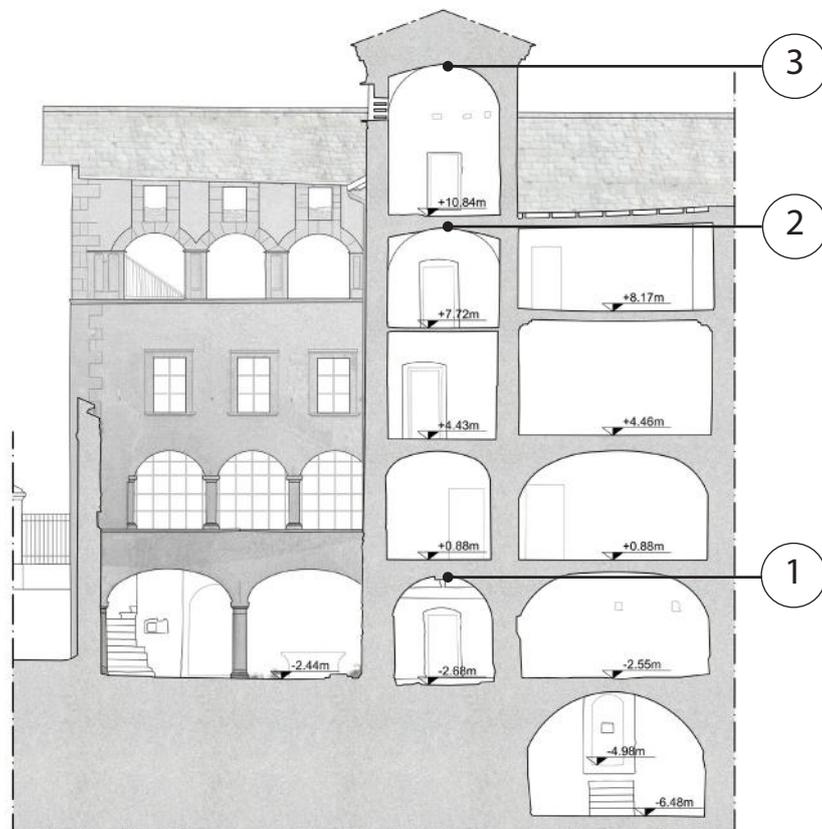
L'elemento della torre, quindi, rappresenta molto bene il rapporto tra il preesistente nucleo medievale e l'innalzamento e le modifiche di epoca rinascimentale, il tutto a sua volta in dialogo con il prospetto, che affaccia sulla corte, tale da generare una composizione armoniosa di una certa raffinata semplicità.

La torre a pianta quadrata, quindi, è l'organismo architettonico per antonomasia dell'alto Medioevo e segue generalmente le diverse tradizioni costruttive locali. In generale questa tipologia di torre presenta dimensioni molto variabili: in pianta dai quattro agli otto metri, in spessore dagli ottanta centimetri ai due metri e per i prospetti, compatti in altezza, si estende per un'altezza proporzionale alla base (dai dodici ai trentacinque metri circa). Gli orizzontamenti interni consistono, al piano terra e all'ultimo piano, rispettivamente in volte a botte e volte a crociera, mentre ai livelli intermedi in solai lignei. Per quanto riguarda gli apparecchi murari, invece, essi sono realizzati con blocchi lapidei di varia natura e dimensione, solitamente edificati con scarso utilizzo di malta. La torre del palazzo Besta de Gatti si innalza per 17,82 metri, dal piano delle cantine al soffitto dell'ultimo livello, e termina con una copertura quadrata a quattro falde. È possibile notare, anche ad occhio nudo, un restringimento del corpo stesso salendo verso l'alto: la base, infatti, passa dai 4,6 metri del piano terra ai 4,3 del piano più alto. Essa si caratterizza, per il piano delle cantine e il secondo piano, rispettivamente di una copertura a botte e di una a crociera. Per l'ultimo piano, invece, è interessante notare come il soffitto presenti per metà una volta a botte, che si trasforma a crociera per la seconda metà.





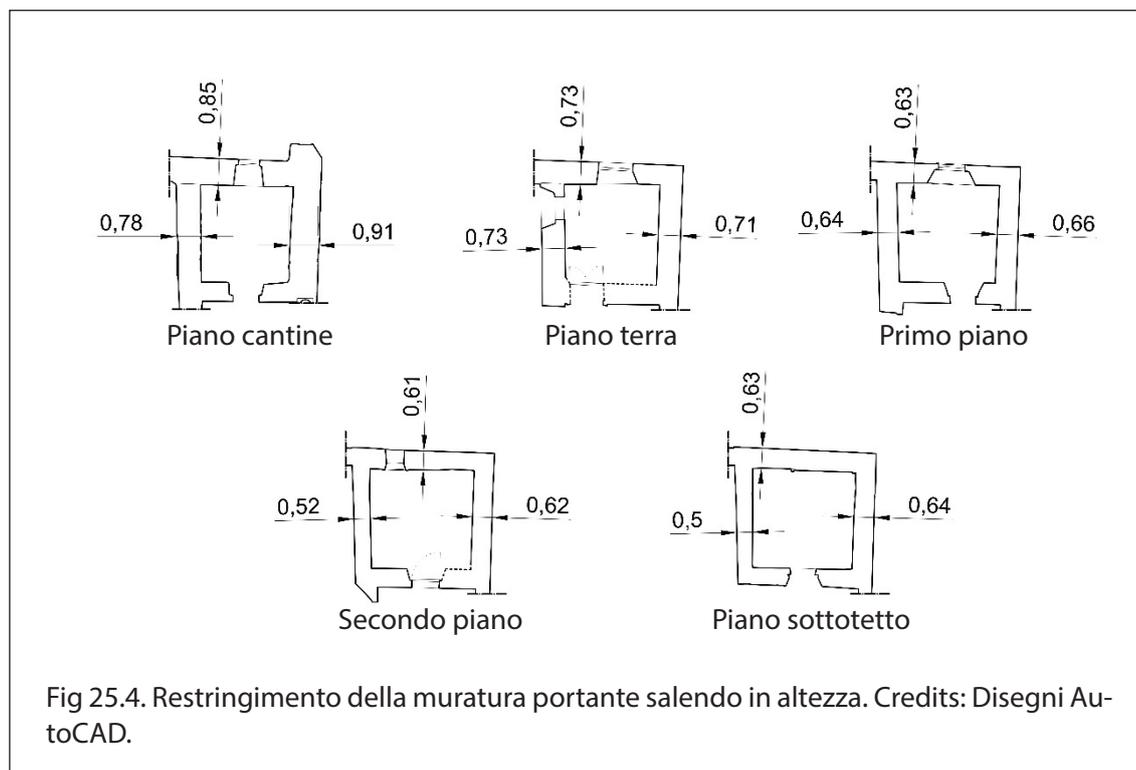
Sezione D-D



Sezione B-B

Si potrebbe pensare, quindi, che l'altezza fino al secondo piano, pari a 13,5 metri, corrisponda a quella della torre medievale; è sicuro, però, che vi siano state delle modifiche successive: la parte superiore della torre, infatti, perviene intonacata, la copertura a falde è sicuramente un'aggiunta successiva, i solai interpiano non sono lignei e l'altezza molto elevata potrebbe essere il risultato di un innalzamento successivo.

In aggiunta, grazie ai rilievi effettuati tramite laser scanner e la successiva elaborazione delle piante, è stato possibile un confronto immediato e diretto degli spessori della muratura nei diversi piani. Si nota che, nonostante il lato esterno della pianta della torre diminuisca gradualmente all'aumentare dell'altezza, le superfici interne di ogni piano aumentano rispetto a quelle inferiori, e ciò è dovuto al concomitante restringimento della muratura portante man mano che si sale. Nonostante, infatti, il lato della pianta quadrata della torre diminuisca gradualmente con l'innalzarsi dei piani, la superficie della pianta di ogni piano, tuttavia, varia in maniera inversamente proporzionale, ovvero aumenta in altezza. Per il piano delle cantine la muratura arriva a misurare 90-95 cm, per il piano terra 70-75 cm, per il primo piano 60-65 cm, per il secondo piano 55-60 cm e per l'ultimo sempre 55-60 cm.





La rastremazione, generalmente, avveniva sia perché a salire con l'altezza la muratura era meno vulnerabile e doveva essere più leggera per non caricare eccessivamente la muratura sottostante, sia per sostenere eventuali soppalchi di legno (come nel caso della torre cimata del castello di Domofole e nella torre detta di Roncisvalle a Castionetto di Chiuro) (Torri e castelli di Valtellina e Valchiavenna, 1966); in questo caso, quindi, essa era stata effettuata prettamente per ragioni strutturali.

Per quanto riguarda le qualità materiche della torre, essa si compone di una commistione molto varia di pietre legate tra loro da malta costituita da calce e sabbia; per i primi due-tre piani esse risultano completamente a vista. Salendo, poi, verso la cima, la muratura grezza viene coperta da strati di intonaco, che portano non pochi segni di degrado, testimoniati da profonde lesioni e da una generale disomogeneità tra le zone ricoperte da intonaco e quelle di sola muratura a vista.

La muratura è composta, quindi, da una commistione di blocchi lapidei sbozzati diversi in tipologia, dimensione, forma e colore. È possibile riconoscere pietre granitiche, di cui la Valtellina è molto ricca, di color grigio scuro e rossastro e pietre tufacee, di color rosaceo, rosso o biancastro; l'approvvigionamento di entrambe le pietre avvenne dal torrente Fontana. La prima tipologia si può individuare non solo nella muratura ma anche negli elementi architettonici decorativi, nonché nei portali, nelle cornici delle finestre e nelle colonne, mentre la seconda tipologia si trova solamente negli elementi parietali. Le pietre hanno principalmente una forma irregolare tondeggiante o con larghezza molto maggiore rispetto all'altezza e dimensione medio-piccola: la maggior parte ha un'altezza compresa tra i 3 e i 10 centimetri e una larghezza compresa tra i 5 e i 20 centimetri, le rimanenti hanno dimensioni maggiori e si trovano principalmente nella fascia più bassa della muratura o in corrispondenza degli spigoli, con altezze fino ai 50 centimetri e larghezze fino ai 40. Conducendo un'analisi semplificativa della qualità muraria, è possibile individuare le seguenti caratteristiche (Donà, 2011):

- La qualità della malta risulta scadente, degradata e distribuita in maniera estremamente disomogenea tra i blocchi;

- Per quanto riguarda la presenza di diaconi, nella sezione muraria non visibile si osservano pietre piccole rispetto allo spessore del muro, c'è quindi molto probabilmente un'assenza di pietre palesemente disposte in senso trasversale alla parete;
- La forma degli elementi resistenti è maggiormente irregolare;
- La dimensione degli elementi resistenti è principalmente minuta: prevalgono i blocchi la cui dimensione maggiore è minore a 20 centimetri;
- Lo sfasamento fra i giunti verticali non è rispettato, è infatti evidente l'assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete;
- La presenza di filari orizzontali non è rispettata, essi sono interrotti o presentano evidenti sfalsamenti sull'intera parete muraria;
- La qualità delle pietre resistenti risulta rispettata: le pietre appaiono poco degradate.

A seguito di queste considerazioni si può desumere che la qualità e il comportamento della muratura sono piuttosto scadenti. Bisogna evidenziare, però, che la maggior parte dei blocchi che compongono la stessa sono costituiti da materiale granitico, caratterizzato da elevati valori di resistenza e durezza.



Fig 26-27.4. Elementi lapidei che compongono la torre. Credits: foto d'autore.



Non si può negare, però, che l'affiancamento di materiali differenti tra loro contribuisce a quell'immagine storica ed affascinante, che il palazzo, insieme alla sua torre, dona all'osservatore.

4.3.4 L'interno del palazzo

Il palazzo si sviluppa su tre livelli con l'aggiunta di un piano sottostante comprensivo delle cantine e di un piano sottotetto in sommità. In tutti i tre livelli è possibile individuare tre ambienti abitabili delimitati da una spessa muratura; alcuni di essi sono, poi, suddivisi al loro interno attraverso tramezzi con spessori ridotti. Queste stanze, insieme a quella contenuta nella torre, si collegano direttamente al loggiato a "L", situato in posizione centrale e che affaccia direttamente sulla corte. Esso è un'aggiunta successiva probabilmente di epoca rinascimentale: al piano terra e al primo livello, infatti, è possibile individuare tre finestre che si affacciano sul loggiato stesso e che in antichità, presumibilmente, si aprivano direttamente sulla corte. Si può pensare, quindi, che il nucleo originario si innalzasse solamente per i primi due piani e che il resto sia il risultato dell'ampliamento successivo.

Addentrandosi nella casa è interessante osservare la commistione di elementi che connotano gli ambienti interni.

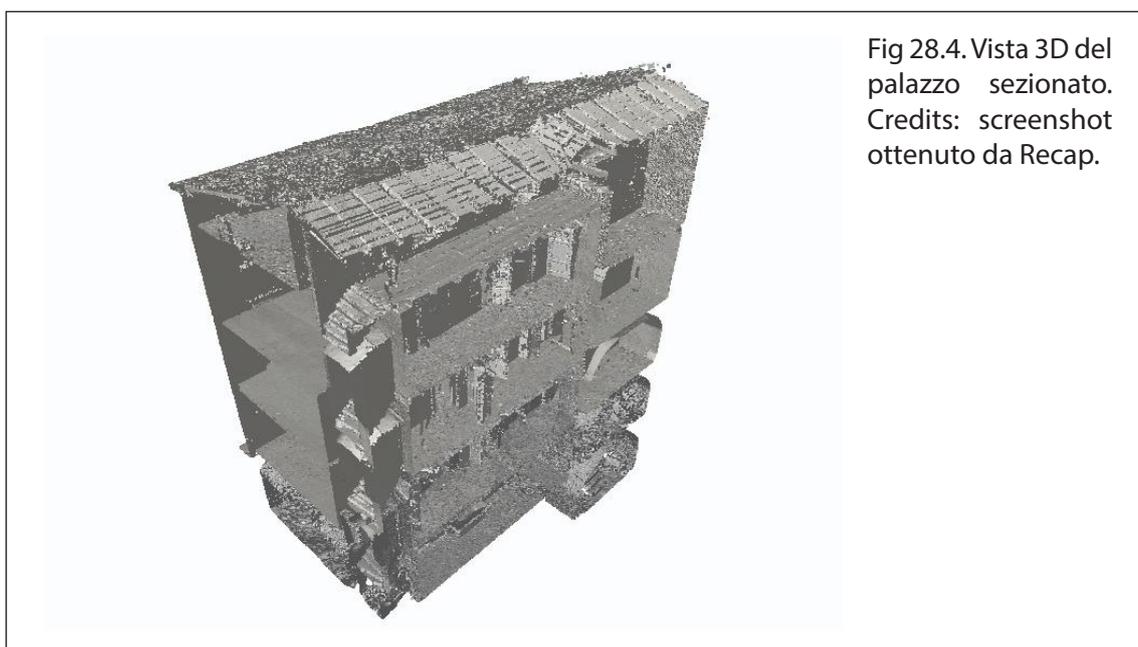


Fig 28.4. Vista 3D del palazzo sezionato.
Credits: screenshot ottenuto da Recap.

1. Al piano terra è situata la stanza adibita nell'ultimo secolo a farmacia, connessa direttamente al Largo Curzio attraverso l'accesso laterale gradinato, e altre due stanze che conservano ancora al loro interno un camino, sempre appartenente allo scorso secolo. Queste ultime pervengono, al giorno d'oggi, suddivise al loro interno da tramezzi aggiunti probabilmente in epoca novecentesca; ma la loro localizzazione, in prossimità dell'ingresso, e la loro estesa superficie, tolti i tramezzi e la scala centrale, suggeriscono un loro originario utilizzo come sale di ricevimento. In quella affacciata su via Rusca pervengono tutt'ora due pareti che portano delle tracce di affreschi di difficile datazione. L'ambiente che affianca la torre è caratterizzato da una volta a botte che si diversifica nella stanza adiacente in una volta a padiglione, mentre per gli altri vani sono presenti solai piani lignei.

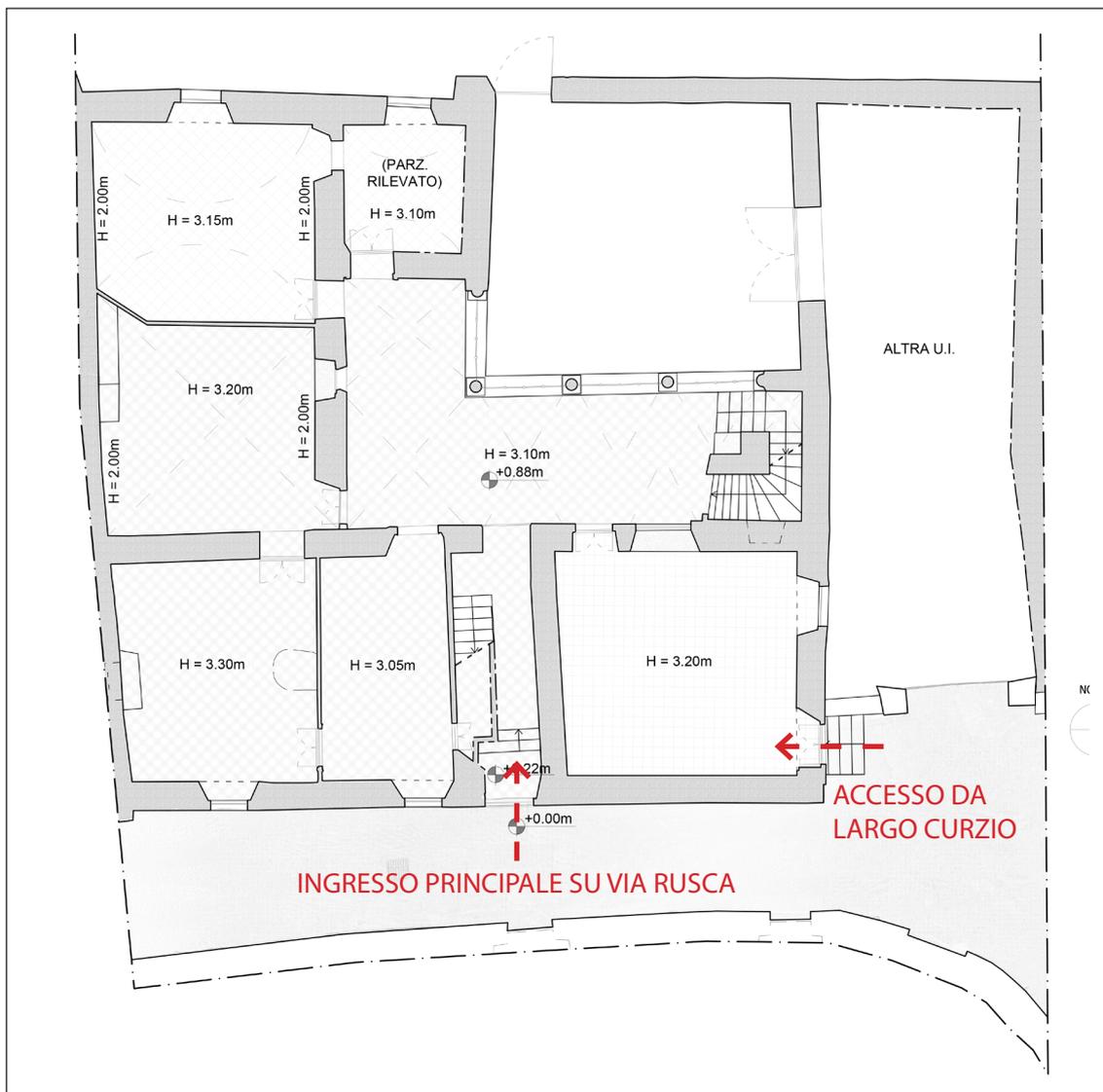




Fig 29-30-31-32.4. A partire da in alto a sinistra: ambiente voltato del piano terra, particolare del soffitto, affresco decorativo, camino di aggiunta novecentesca. Credits: foto d'autore.

Il salone della loggia risulta di particolare interesse e fascino: la copertura si arricchisce di quattro volte a crociera e sulla parete di confine con la torre perviene un affresco, parzialmente cancellato, rappresentante scene di caccia con alberi, animali, araldici, cartigli e stemmi. La pavimentazione dell'intero piano è costituita da piastrelle con motivi geometrici o colorazioni differenti.

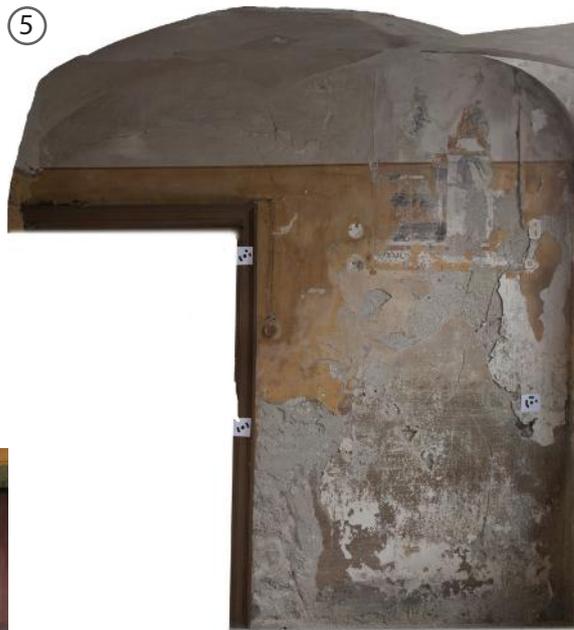


Fig 33-34-35.4. A sinistra in alto affresco sulla parete del vano scale, a sinistra in basso finestra interna in affaccio sulla loggia. A destra affresco su una delle pareti della loggia. Credits: foto d'autore e ortofoto da Photoscan.

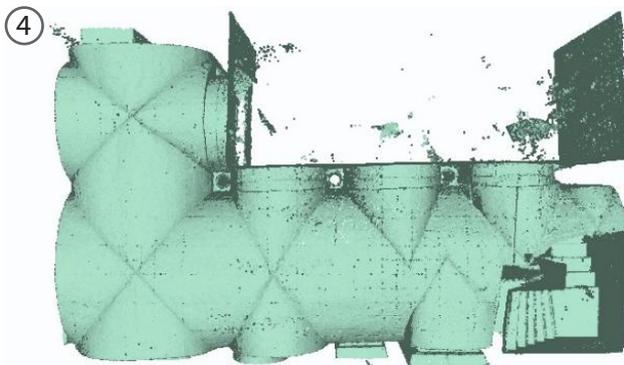
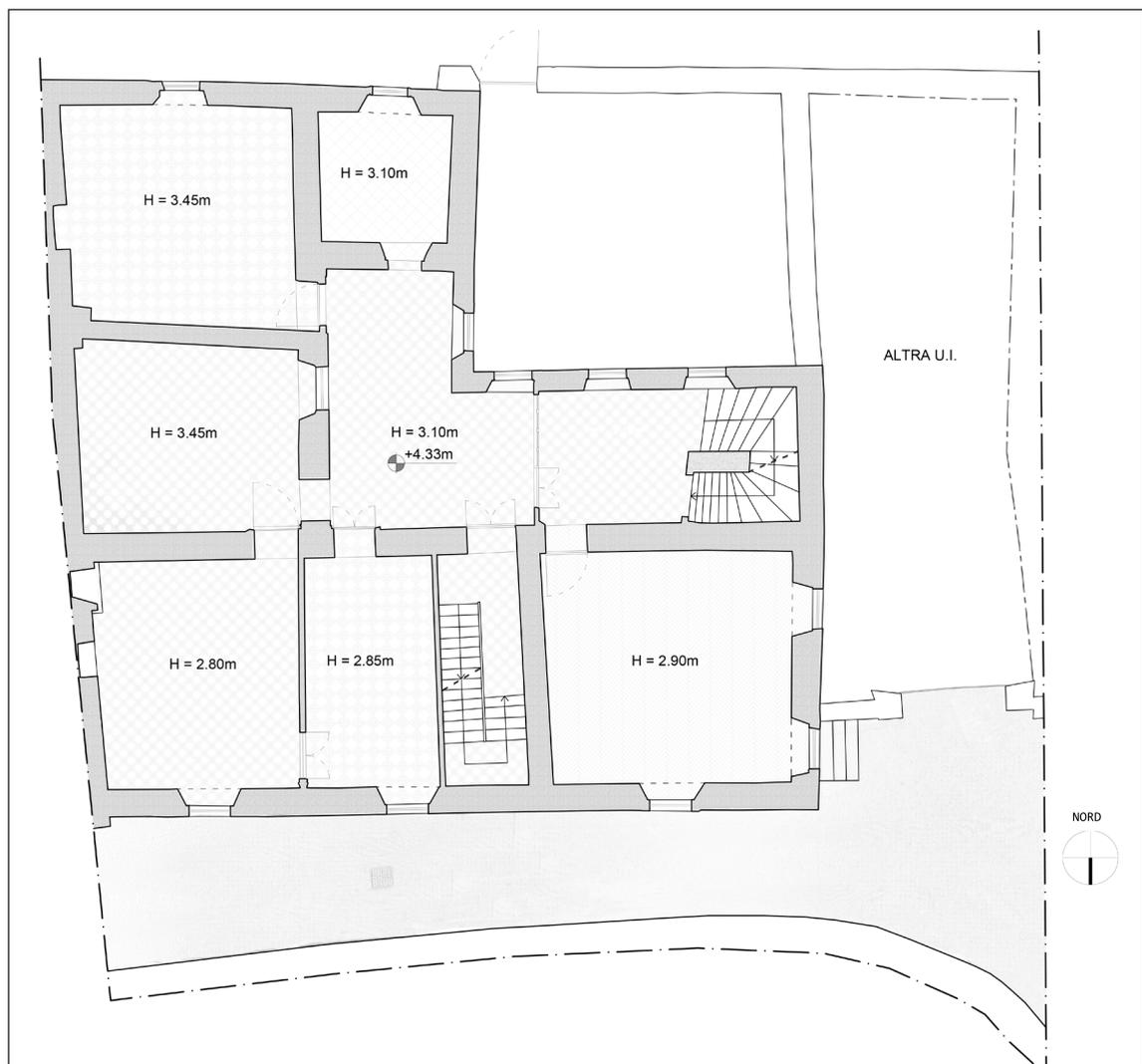


Fig 36-37.4. A sinistra volte a crociera della loggia, a destra pavimentazione della loggia. Credits: Screenshot Recap e foto d'autore.



2. Il primo piano è costituito da ambienti probabilmente adibiti a camere da letto, con pareti intonacate con colorazioni differenti o con carta da parati dai motivi floreali. I pavimenti sono ornati da decorazioni geometriche risalenti al Novecento, quando la casa fu data in affitto e conformata alle nuove esigenze. I cassettonati di epoca rinascimentale erano originariamente in legno a vista. Successivamente furono dipinti con "tempera magra" di tonalità pastello, com'era consuetudine fare a partire dalla fine del Seicento, per renderli più armonici rispetto alle pareti. Essi, infatti, presentano una certa valenza estetica, derivante da una ricerca del bello e del raffinato tipica di quel periodo, che si contraddistingue da una concezione meramente funzionale di questi elementi strutturali. Il loggiato è diviso internamente attraverso una parete finestrata, al fine probabilmente di separare maggiormente lo spazio in base alle varie destinazioni d'uso degli ambienti.



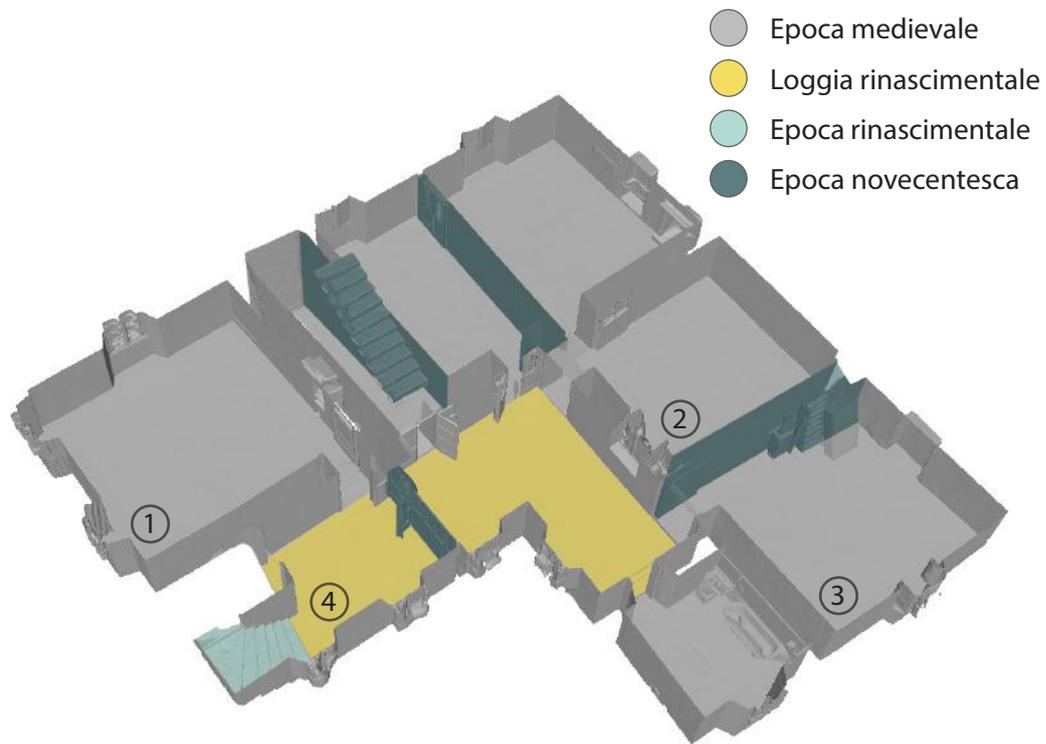


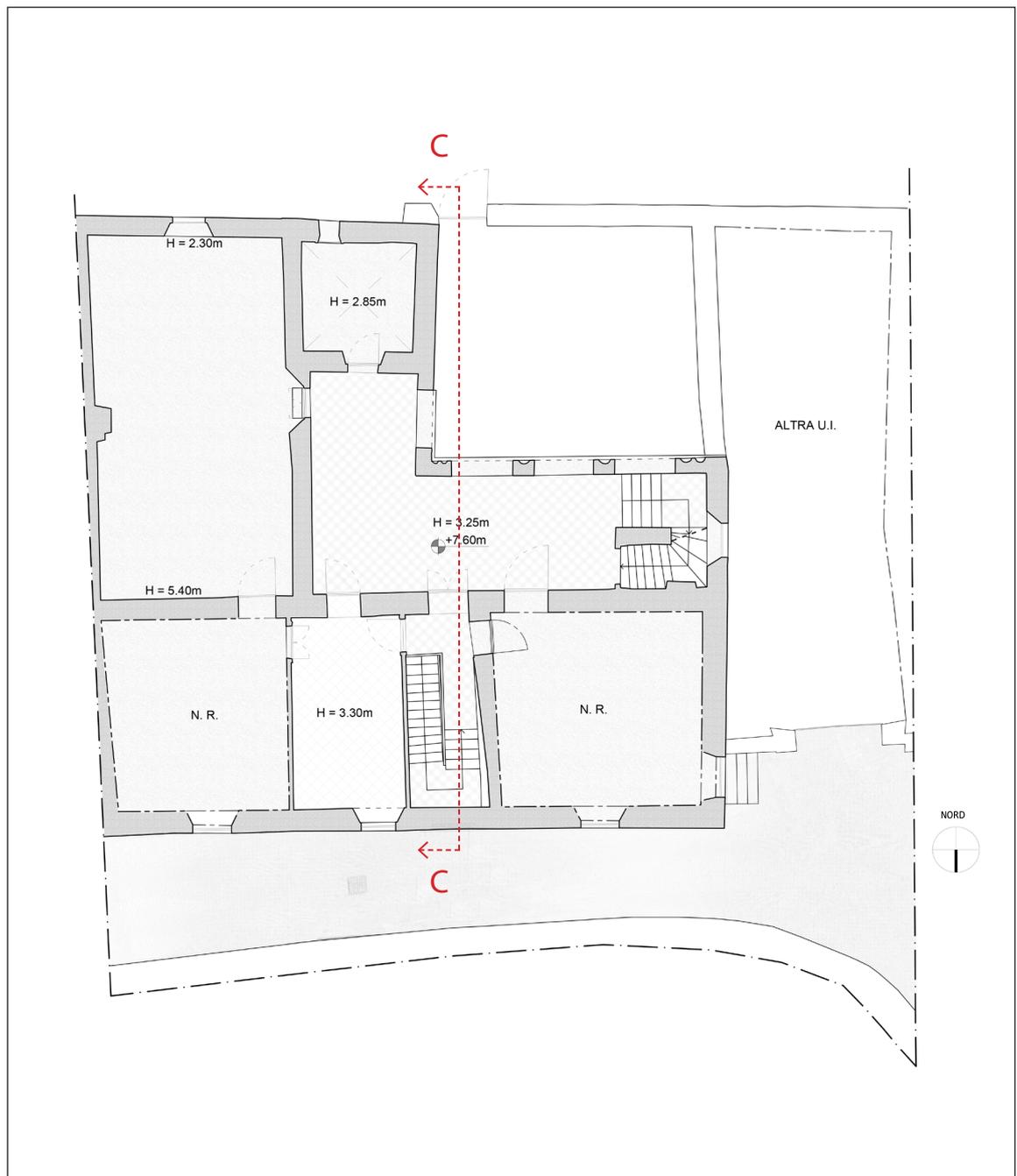
Fig 38-39.4. A sinistra soffitto in legno parzialmente scrostato di una stanza, a destra soffitto in legno dipinto di un'altra stanza. Credits: foto d'autore.



Fig 40-41.4. A destra spazio in comune a L con parete finestrata, a sinistra dettaglio della carta da parati di una stanza. Credits: foto d'autore.



3. Il secondo livello, infine, presenta la medesima pavimentazione con piastrelle dai motivi geometrici e soffitti lignei con travi a vista. Questo piano accoglie una stanza, affianco alla torre, che si eleva in altezza fino al tetto e che è caratterizzata da una muratura grezza con pietre a vista (probabilmente adibita a magazzino, generalmente a fruttajo). Particolarmente interessante è, anche in questo caso, il loggiato che si affaccia sul cortile attraverso arcate non finestrate di ampio respiro e che offre una vista panoramica molto suggestiva sull'intera vallata.



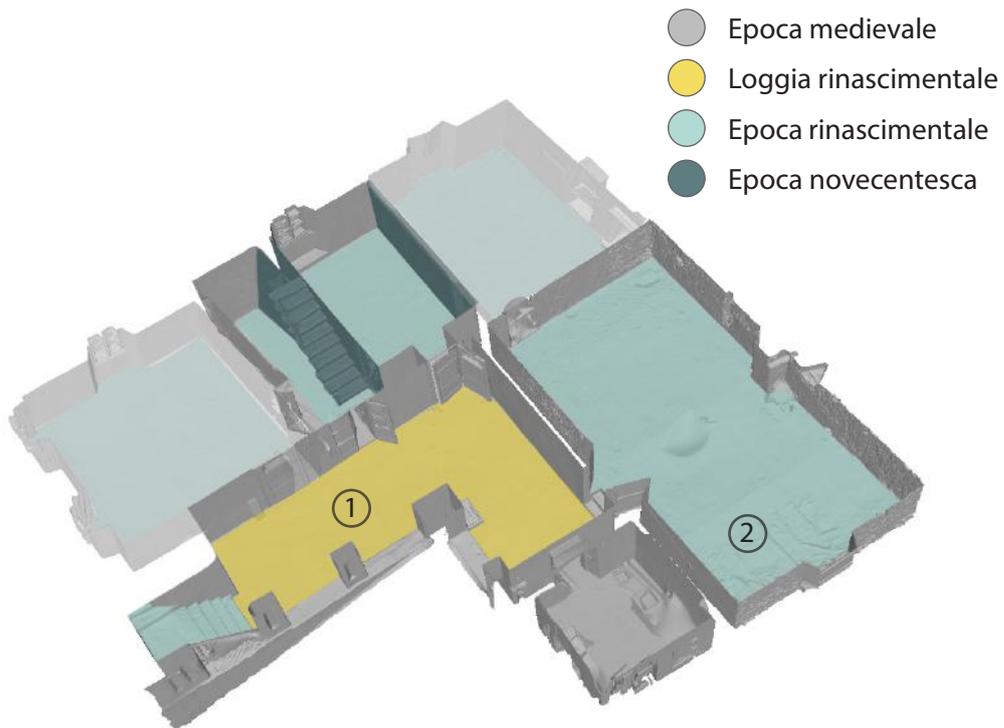
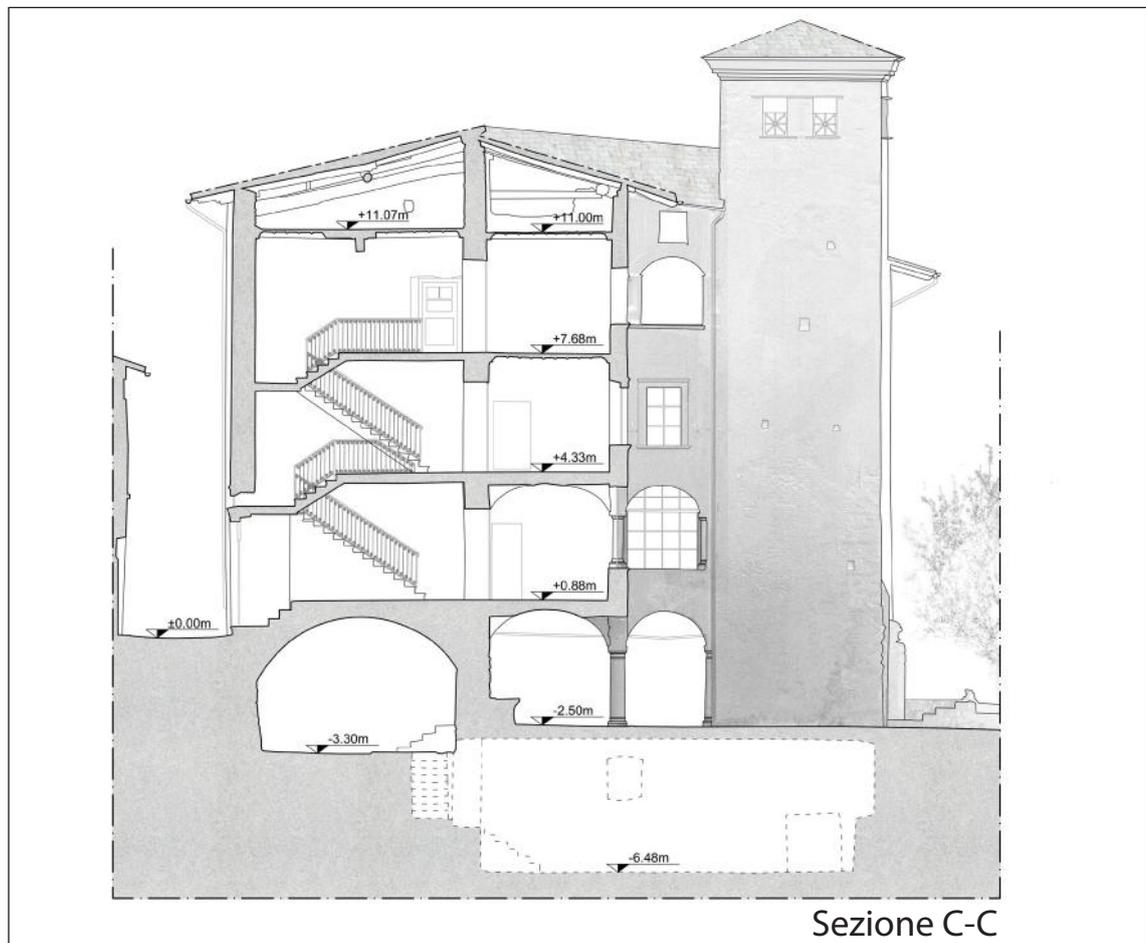


Fig 42-43-44-45.4. A sinistra: in alto la loggia aperta, al centro pavimentazione della loggia, in basso il cassettonato della loggia. A destra ambiente che si eleva su due piani in muratura grezza. Credits: foto d'autore.



Fig 46.4. Particolare dell'incrocio di travi di copertura nell'ambiente sottotetto. Credits: foto d'autore.

Tutti e tre i livelli sono collegati da due corpi scala: il primo, collocato nell'ingresso, è un'aggiunta successiva ed è costituito da due rampe a U (una di tredici e l'altra di cinque gradini) con parapetto in ferro con motivi a spirale; il secondo, collocato all'estremità più esterna del palazzo, è il più antico e collega i tre livelli con il piano della corte e delle cantine e con la zona sottotetto.



4.3.5 Il piano delle cantine e gli spazi esterni

Il piano delle cantine si colloca a un livello inferiore rispetto al piano terra e vi si accede dalla corte interna attraverso un portico, che funge da filtro, composto da tre fornici a sesto ribassato sostenute da quattro colonne. Quest'ultime presentano un fusto liscio, un capitello di ordine tuscanico, ordine diffusamente ripreso ed elaborato in Italia in età rinascimentale, e una base quadrata sulla quale si appoggia un toro, una scozia e un altro toro di diametro minore.

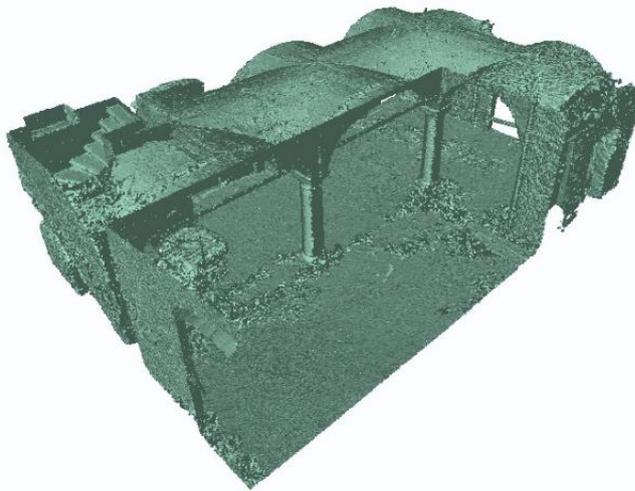
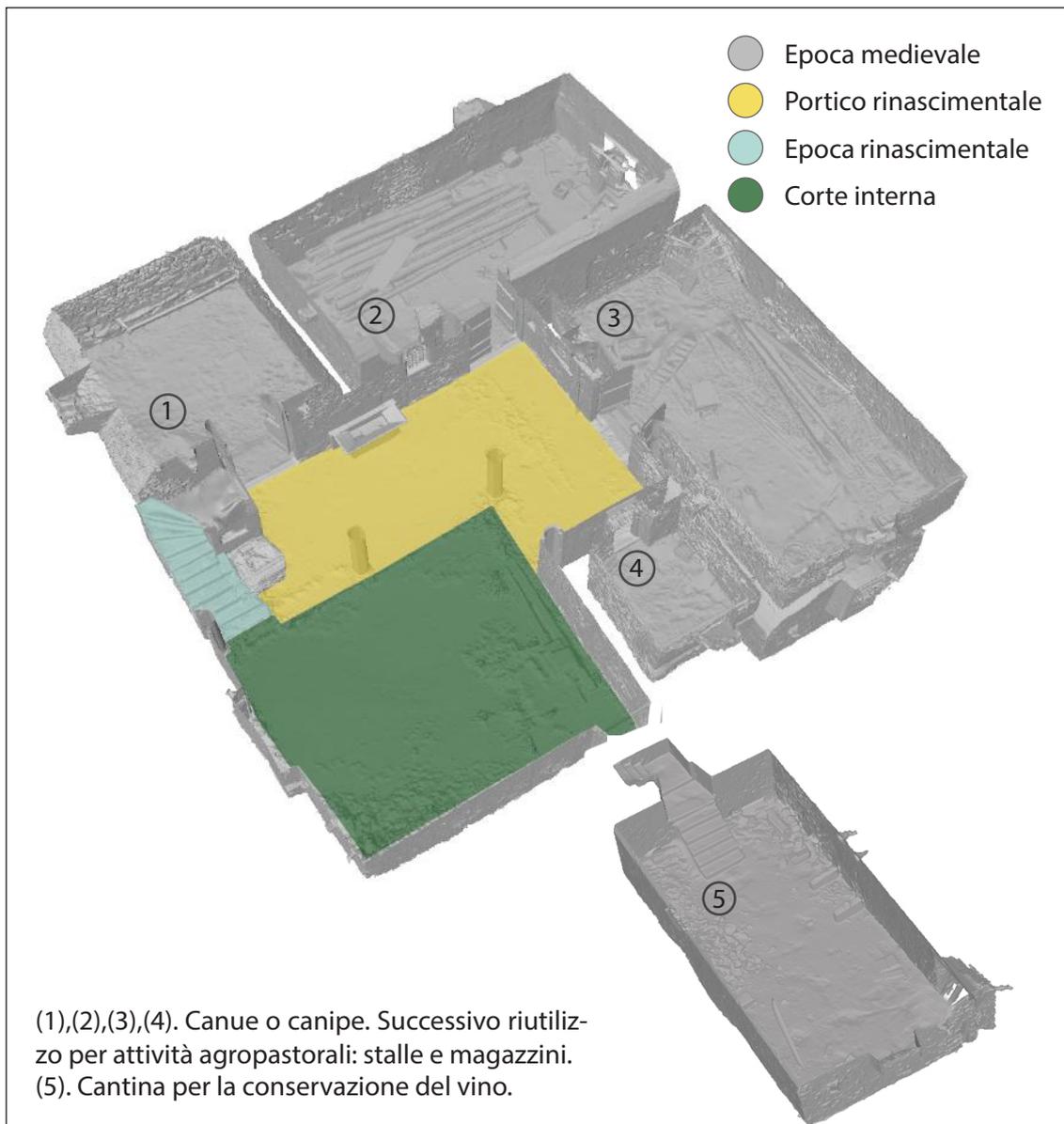


Fig 47.4. Volte a crociera del portico nel piano delle cantine. Credits: Snapshot Recap.

Di particolare interesse sono le quattro volte a crociera costituite da elementi lapidei, principalmente di origine granitica, e malta, che modulano il loggiato a "L" analogamente al piano terra e che pervengono al giorno d'oggi parzialmente coperte da uno strato di catrame a causa dei fumi.



Fig 48-49.4. A sinistra volte a crociera del portico nel piano delle cantine, a destra una colonna del portico. Credits: foto d'autore.



Originariamente le cantine venivano utilizzate probabilmente per la produzione e conservazione del vino; la ricchezza delle famiglie appartenenti al ceto sociale nobile e borghese, che possedevano palazzi e dimore civili, era legata infatti prevalentemente alla produzione di vino e al commercio dello stesso. Le cantine fungevano da canua o canipa: ampi ambienti voltati, al piano terra o ad un livello poco inferiore, adibiti a tinaie per la fermentazione dell'uva e al deposito dei cereali all'interno di grandi scrigni di legno (Origgi, Gelmini, 2010). I locali al piano interrato, invece, venivano utilizzati per la conservazione del vino; il palazzo De' Gatti possiede un unico ambiente di questa tipologia, che conserva ancora, però, un passaggio murato collegato ad ulteriori cantine, al giorno d'oggi appartenenti ad altre proprietà.



In epoche successive e concordemente alla distribuzione interna degli spazi tipica delle dimore valtelinesi, gli ambienti al piano seminterrato vennero presumibilmente adibiti alle attività agropastorali e vi si trovavano le stalle, i pollai, alcune stalle più piccole per i suini e gli ovini e luoghi dedicati all'immagazzinamento dell'erba falciata ed essicata. Le tre cantine si collocano a un livello leggermente ribassato rispetto a quello del portico e della corte e vi si accede attraverso portali in pietra. I due ambienti in prossimità della strada presentano archi a tutto sesto costituiti da conci irregolari in pietra. Il portale della torre è caratterizzato da elementi lapidei: gli stipiti sono composti da più elementi, alcuni posti in verticale e altri in orizzontale, ammorsati nella muratura e poi sormontati da una struttura monolitica rettilinea a formare l'architrave (Benetti, 2015). Infine la cantina che confina con il nucleo a est presenta un portale simile a quello di accesso alla torre, ma di luce maggiore e con due mensole sporgenti in prossimità degli angoli in sommità, che ricorrono nella comune tipologia quattrocentesca. Spesso queste mensole erano arricchite anche da protomi, con funzione antropopaica, come è possibile riscontrare nel portale di casa Quadrio-Giovanazzi in via Giacomo Bruto a Chiuro.



La cantina centrale è accessibile attraverso quattro gradini in discesa e contiene al suo interno una scala a due rampe che dirige a un ulteriore ambiente sotterraneo (posto a tre metri e mezzo più in profondità) probabilmente collegato al restante nucleo medievale, che si estende ad est, attraverso una porta al giorno d'oggi murata. Tutti gli ambienti presentano una copertura a botte ad eccezione per quello adiacente alla torre, che è caratterizzato da una copertura a padiglione a pianta rettangolare.

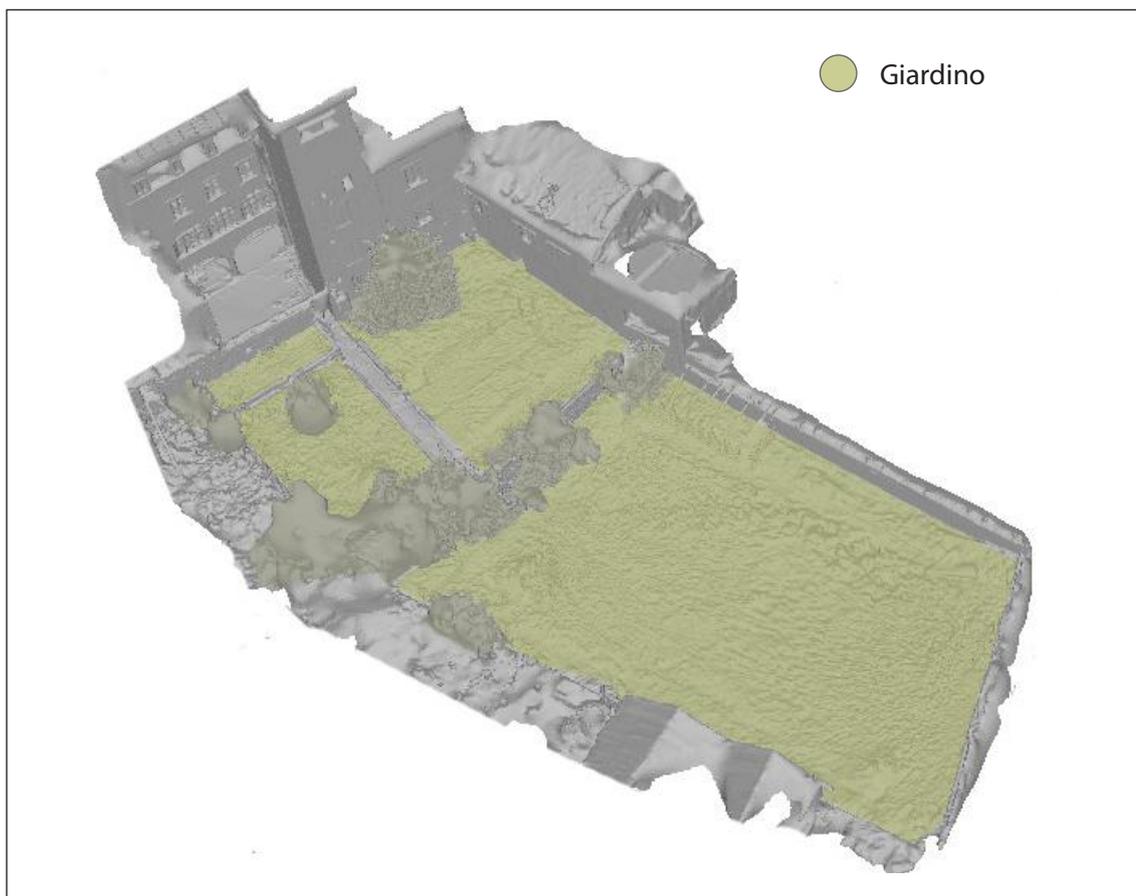


Fig 54-55.4. A sinistra: vista del palazzo dal giardino. A destra: vista della corte dal loggiato al secondo piano. Credits: foto d'autore.

La corte interna è un rettangolo di 7,5 per 7 metri circa ed è delimitata a sud-est da una facciata della torre e parte della facciata del palazzo, a nord-est dalla facciata della casa visibile da via Opifici, a nord-ovest da un muro in pietre e malta alto 7,4 metri con un portone in legno, che collega la corte stessa all'accesso laterale dalla strada, e a sud-ovest dalla medesima muratura di altezza minore pari a 3,2 metri, che accoglie il cancello di connessione al giardino. Si intuisce facilmente che questa corte poteva fornire uno spazio fondamentale per lo svolgimento delle attività connesse all'agricoltura e prettamente artigianali, anche nei periodi invernali, grazie alla buona esposizione. L'interno della corte è, quindi, suddiviso in una parte protetta da un porticato e da una parte scoperta e comprende un pozzo comune per l'acqua potabile (A. e D. Benetti, 1984).



Dalla corte si innesta una stradina in piano che ripartisce il primo tratto di giardino in due rettangoli: uno in prossimità della torre e l'altro confinato a nord-ovest dal medesimo muro della corte. Quest'ultimo accoglie un ulteriore viottolo che connette il cortile al Largo Curzio attraverso l'arco in muratura e il passaggio di elevata pendenza. Al termine della stradina, una breve gradinata in pietra conduce a un giardino più esteso in pendenza, recintato per tre lati e confinante con via Opifici a sud.



4.4 Bibliografia

- M. Docci, *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi Editore, 2007.
- G. Galletti e G. Mulazzani, *Il Palazzo Besta di Teglio: una dimora rinascimentale in Valtellina*, Banca piccolo credito valtellinese, 1983, p 12.
- Peter Murray, *L'architettura del Rinascimento italiano*, Economica Laterza, Bari, 1998, pp.
- Sgraffito. In: Angela Weyer et al. (a cura di), *EwaGlos, European Illustrated Glossary Of Conservation Terms For Wall Paintings And Architectural Surfaces. English Definitions with translations into Bulgarian, Croatian, French, German, Hungarian, Italian, Polish, Romanian, Spanish and Turkish*, Petersberg, Michael Imhof, 2015, p. 103.
- *Torri e castelli di Valtellina e Valchiavenna*, edizioni Banca Piccolo Credito Valtellinese, Sondrio, 1966.
- F. Gera, *Nuovo dizionario universale e ragionato di agricoltura*, t. VIII, Antonelli, Venezia, 1838, pp 746-751.
- *Fortificazioni in Valtellina e Valchiavenna*, in *Valtellina e Valchiavenna nel Medioevo. Contributi di storia su arte cultura e società*, Sondrio 1993.
- AAVV, *Il Castello dei Venosta di Bellaguarda*, Associazione Culturale Bellaguarda, Sondrio 2009.
- Pezzola Rita, *Uno sguardo dal castello di Domofole. Materiali e riflessioni per una storia della bassa Valtellina nel medioevo (sec.IX-XII)*, Morbegno,2005.
- C. Donà, *Manuale delle murature storiche, Vol I – Analisi e valutazione del comportamento strutturale*, Antonio Borri direttore scientifico, 2011.
- *Itinerari Valtellina estate-inverno*, Touring club Italia, 2006, p 72.
- G. Origgi e A. Gelmini, *Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina*, ERSAF Dipartimento Montagna e Sistemi Verdi, 2015, p 22.
- D. Benetti, *Ecomuseo dell'architettura tradizionale e della pastorizia nelle Orobie*, Sondrio, 2010, p 8.



- D. Benetti, I luoghi del vino di Valtellina, Cooperativa Editoriale Quaderni Valtellinesi, Sondrio 2018, pp. 40-43.
- A. e D. Benetti, Dimore rurali di Valtellina e Valchiavenna, progetto editoriale diretto da G. Miglio, Milano, 1984.



5. PROPOSTE GRAFICHE PER UN RIUSO DEL PALAZZO

In questo capitolo si tratta come, a partire dal materiale bidimensionale e tridimensionale ottenuti (quali piante, prospetti e sezioni e la nuvola di punti dell'intero palazzo), si è proceduto ad elaborare una proposta di riuso dell'edificio oggetto di tesi attraverso una restituzione 3D.

Questa proposta è stata concepita assieme alla proprietaria di Casa Besta De' Gatti e ai ricercatori che collaborano al progetto "Le radici di una identità - Temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo"¹, includendo attività e funzioni che il comune di Chiuro ha interesse ad incentivare.

Nello specifico sono state elaborate due proposte di riuso differenti nell'ambito dello sviluppo di due tesi di laurea incentrate sul medesimo edificio, ma con esiti diversi: la prima riguarda principalmente l'inserimento di una piccola cantina vinicola, che si propone di far conoscere l'attività di produzione e conservazione del vino al pubblico. A supporto di questa attività si è pensato di inserire spazi di degustazione, ristorazione e ricezione per i visitatori. La seconda, invece, si concentra principalmente sulla funzione dell'edificio come struttura ricettiva, comprensiva di zona ristorazione e di un'area benessere. Entrambe le proposte sono state pensate e sviluppate parallelamente, nell'ottica di una possibile futura integrazione tra loro; per tale motivo sono state effettuate scelte grafiche simili al fine di facilitare sia la lettura degli elaborati, sia l'eventuale unione delle funzioni.

1. Azione "Il centro storico di Chiuro: Un laboratorio di architettura", Bando "Emblematici maggiori", 2017, Fondazione Capriolo. Progetto "Le radici di una identità - temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo".

5.1 Elaborazione grafica dal bidimensionale al tridimensionale: analisi distributiva degli spazi per il riuso del palazzo come cantina vinicola

5.1.1 Schemi distributivi e analisi funzionale degli spazi

In primo luogo si è proceduto con un'analisi degli spazi, finalizzata all'inserimento delle attività proposte, sulla base degli elaborati bidimensionali, cercando di mantenere quanto più possibile inalterata la preesistenza e allo stesso tempo cercando di rispondere alle nuove necessità funzionali.

La proposta, concordata con il personale in loco, è quella di realizzare una piccola attività di lavorazione, produzione e conservazione del vino, con il fine principale di creare un percorso conoscitivo dei prodotti tipici locali della Valtellina, nonché della vigna, della sua lavorazione e dei suoi prodotti.

Il PGT (Piano di Governo del Territorio) del comune di Chiuro si concentra sul ruolo di rilevanza baricentrica del comune stesso per la sua posizione sia rispetto al fondovalle, sia per i rapporti di ancor più antica storia tra il versante retico e quello orobico. Chiuro, inoltre, è considerata "Città del vino" per la particolare esposizione dei suoi terrazzamenti vitati e soprattutto per la presenza di prestigiose aziende vinicole.

In questo contesto si inserisce la sempre più crescente necessità di una tutela e valorizzazione dei nuclei di antica formazione, che mira:

- Alla conservazione delle tipologie edilizie e dei preminenti caratteri morfologici;
- Alla salvaguardia delle presenze architettoniche rilevanti sia sotto il profilo monumentale che tipologico e ambientale;
- Alla trasformazione del tessuto edificato esistente, compatibilmente con i valori sopracitati al fine di ricavare contestualmente anche servizi funzionali, adeguati e competitivi con quelli riscontrabili in altri ambiti urbani.

Addentrando più nello specifico nelle finalità e negli obiettivi previsti per il comune nei vari settori, si evidenzia come sia nel settore primario che in quello terziario si proponga fortemente un incremento della commercializzazione locale dei prodotti tipici e la valorizzazione delle peculiarità della zona, anche attraverso un rilancio del suo ruolo turistico e specifico.



In particolare, nell'ambito del settore primario, centrale è lo sviluppo delle attività di tale settore e delle sue funzioni annesse, nonché dell'agriturismo, della produzione e della commercializzazione di prodotti tipici, purché nel rispetto dei valori ecologici della montagna e del paesaggio, che ne costituisce il principale motore economico. Allo stesso tempo si sottolinea la necessità di un contenimento del consumo dei suoli, proponendo il riuso di strutture già esistenti sul territorio piuttosto che la costruzione di nuovi edifici.

Parallelamente, nel settore terziario, nel commercio e nel turismo, si propone una difesa del sistema commerciale locale e una creazione di ambienti necessari per la pubblicizzazione e valorizzazione delle peculiarità dei prodotti di nicchia e di quelli tipici locali. A seguito delle precedenti considerazioni si inserisce coerentemente una proposta che vede la valorizzazione di Chiuro in qualità di "Città del Vino".

Percorso conoscitivo del vino>



Il percorso ha inizio con la raccolta dell'uva nei vigneti della zona ed il suo trasporto all'edificio.



La materia prima viene, poi, scaricata nell'area parcheggio, dimensionato per contenere 20 auto, accessibile da via Opifici, e collocata all'interno del nuovo nucleo sotterraneo.



Una volta scaricata, l'uva viene portata all'interno dell'area di lavorazione e produzione: per questa fase si prevede la realizzazione di un nucleo sotterraneo aggiuntivo, comunicante con via Opifici. Il nuovo volume, infatti, risulta adatto ad accogliere le attività di lavorazione dell'uva, grazie alla possibilità di utilizzare materiali richiesti dalle norme igienico sanitarie, di inserire gli impianti adeguati per garantire le corrette condizioni microclimatiche e di ottenere volumi di grandi dimensioni, che consentano lo svolgimento delle varie fasi in maniera agevole.

Le attività svolte nello specifico sono:

- Pigiatura-diraspatura (spremitura degli acini e separazione dai raspi);
- Fermentazione e follatura (fermentazione alcolica del mosto, nonché trasformazione degli zuccheri in alcol e anidride carbonica, e rottura del cappello delle vinacce);
- Svinatura e pressatura delle vinacce (separazione del fermentato dalle parti solide);
- Fermentazione malo-lattica (per conferire maggiore stabilità e ammorbidire il gusto del vino).



Il percorso prosegue con la fase di conservazione, affinamento e maturazione del vino prodotto. La zona delle cantine preesistenti viene, quindi, adibita alla conservazione del vino in botti piccole, barrique, e in bottiglia. Questi ambienti, infatti, risultano essere ben adatti alla conservazione del vino grazie ad una serie di caratteristiche (L. Maroni, 2019) tra le quali: l'assenza di luce, la



temperatura dell'aria e l'umidità. La fase di conservazione e invecchiamento del vino si inserisce, quindi, nelle cantine preesistenti con l'intento non solo di preservare l'antico fascino di questi ambienti, caratterizzati da coperture voltate e murature in pietra, ma anche di riportare le cantine stesse alla loro destinazione d'uso originaria.

- 

Una volta conosciute le varie fasi e ambienti di produzione e conservazione del vino, la visita prosegue con la degustazione, collocata all'interno della corte.
- 

Il percorso si conclude all'interno dell'ultima cantina adibita alla vendita del vino.

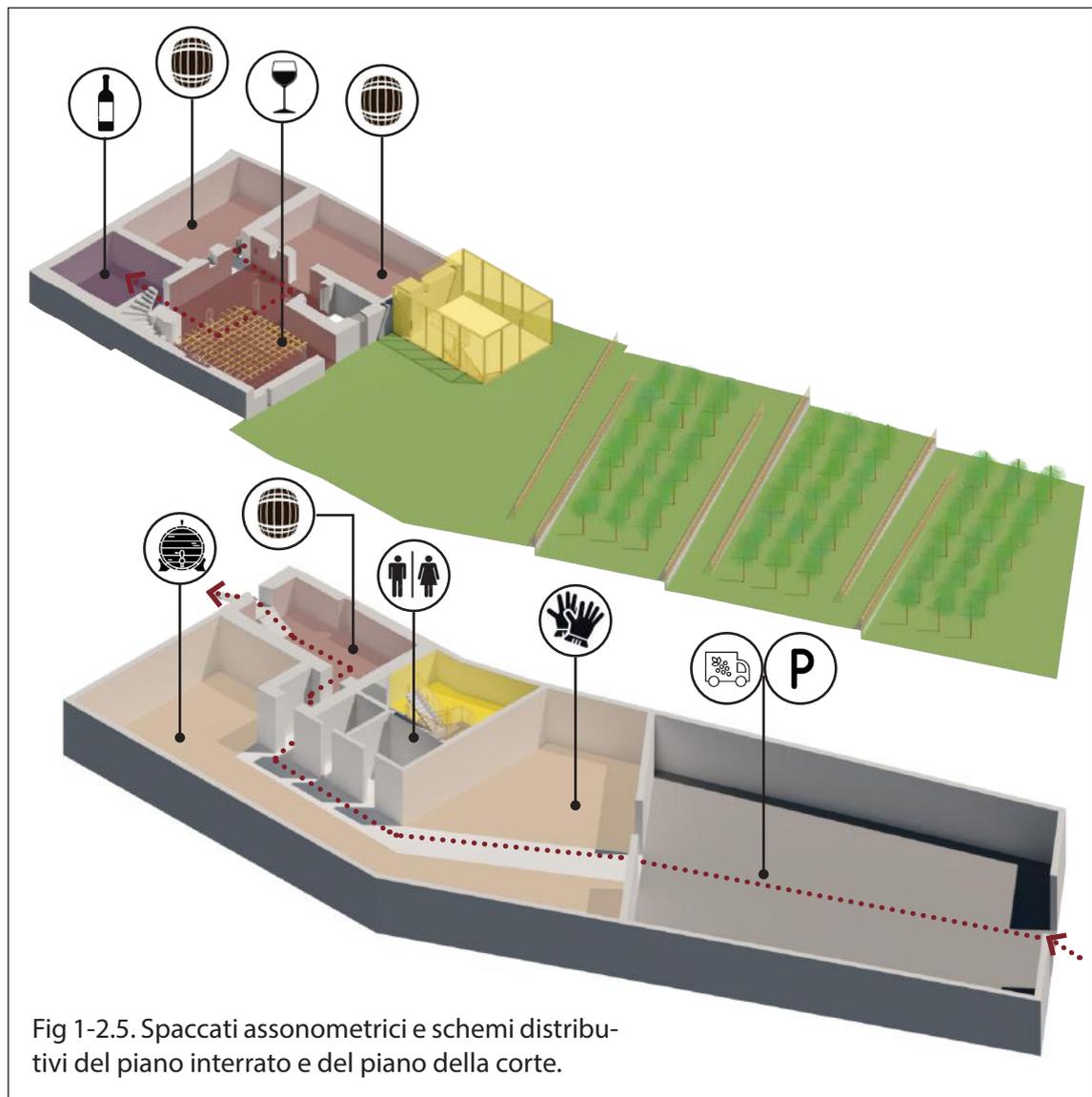


Fig 1-2.5. Spaccati assometrici e schemi distributivi del piano interrato e del piano della corte.

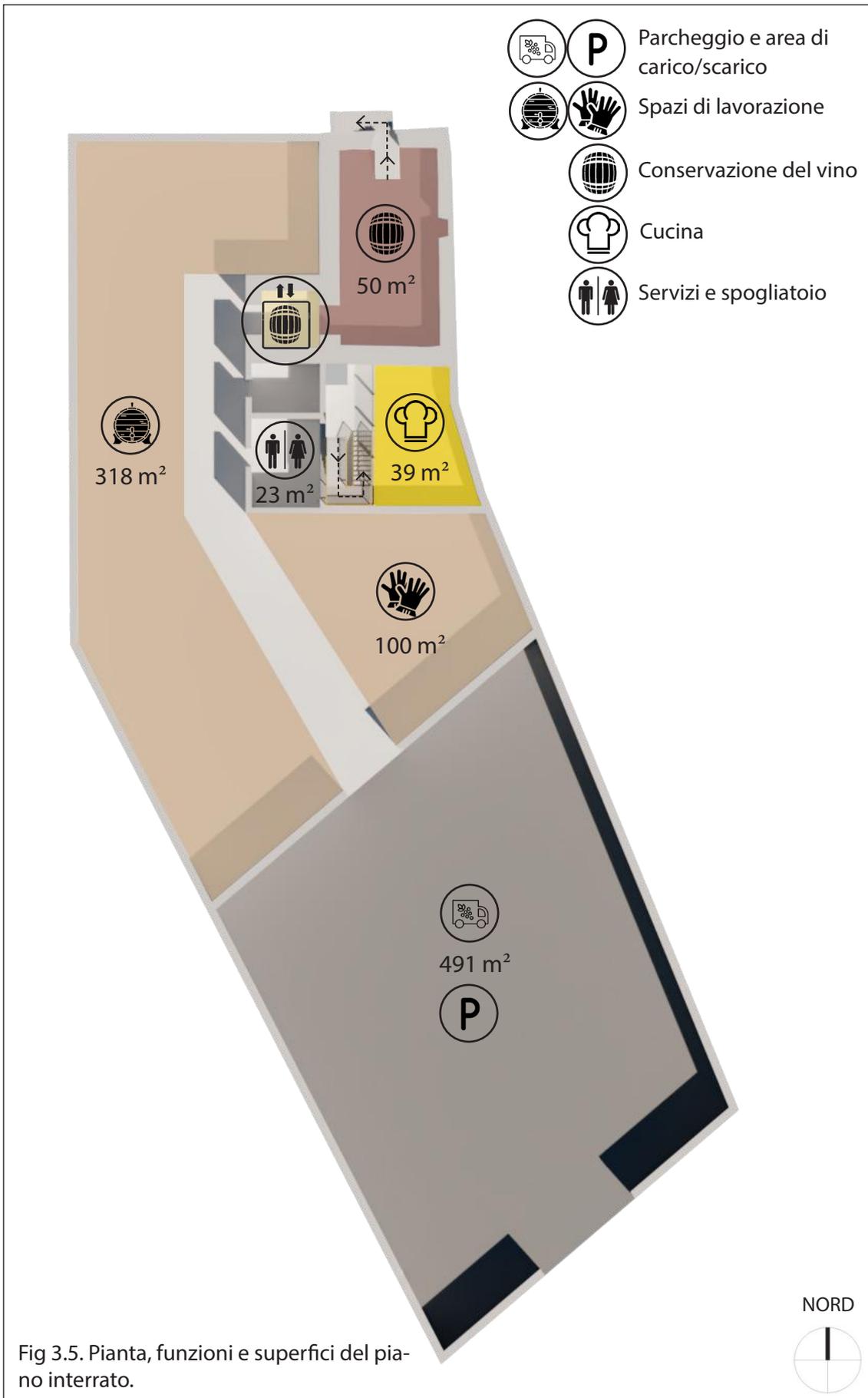


Fig 3.5. Pianta, funzioni e superfici del piano interrato.

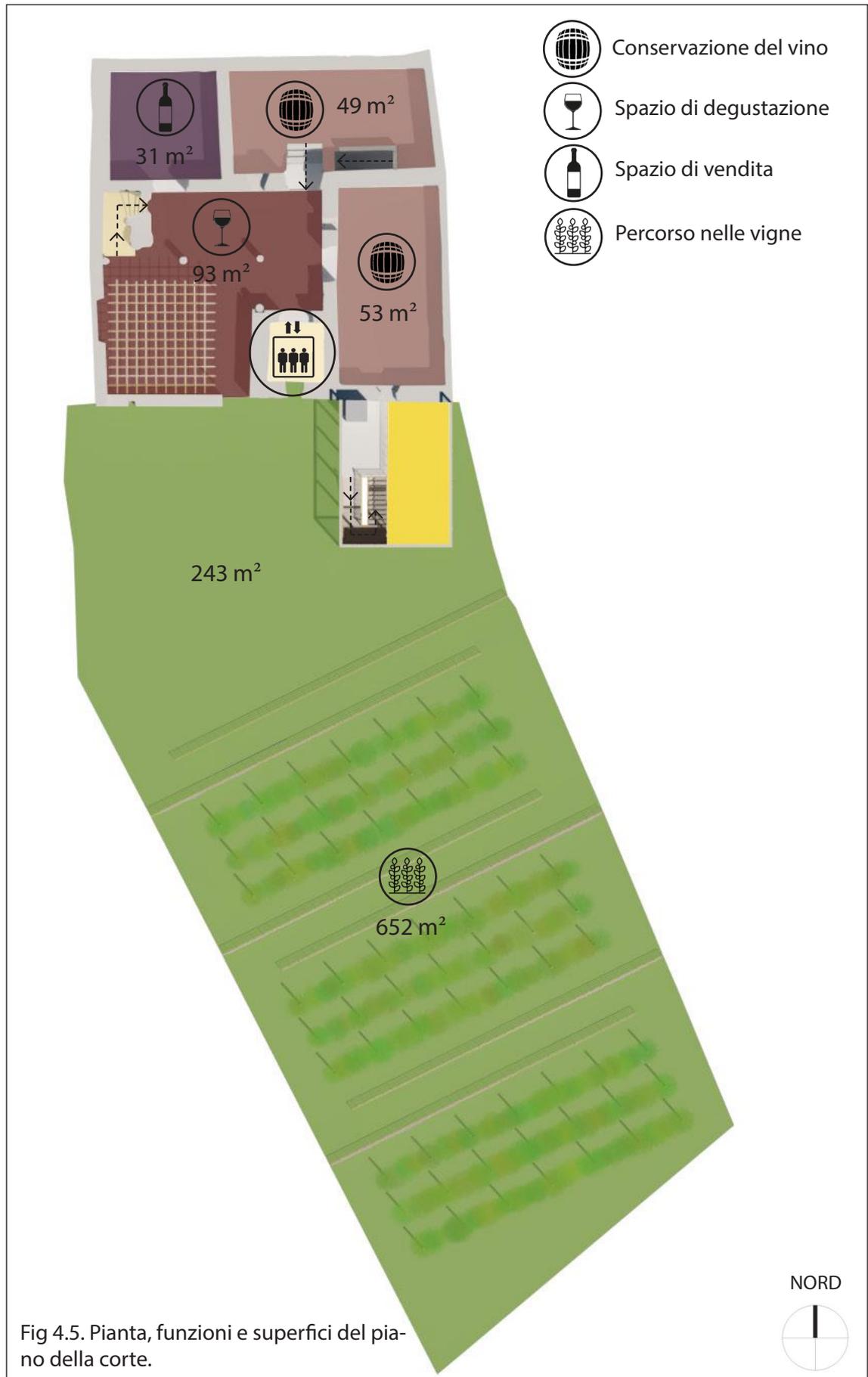


Fig 4.5. Pianta, funzioni e superfici del piano della corte.



L'ultimo piano dell'edificio viene adibito a fruttaiolo: locale asciutto e ben areato utilizzato per l'appassimento dell'uva. Questo processo aggiuntivo nella lavorazione dell'uva stessa permette la produzione dello Sforzato, vino pregiato che deve il suo nome alla pratica di "forzare", ossia prolungare la maturazione dell'uva.

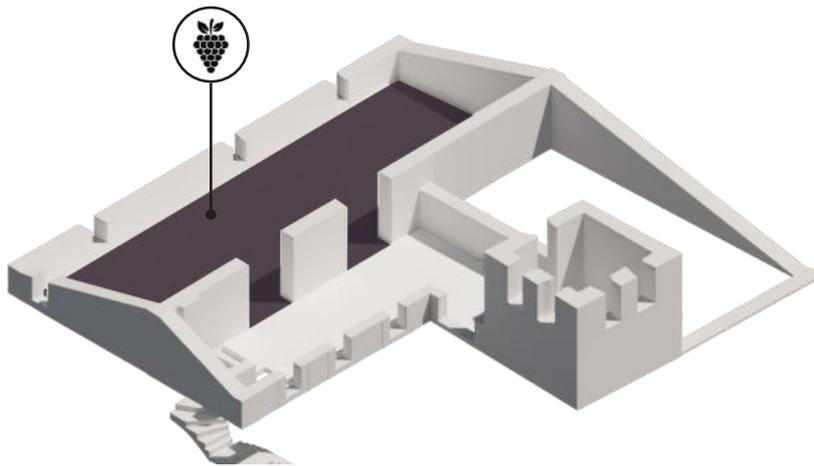


Fig 5.5. Spaccato assometrico e schema distributivo del piano sottotetto.



Fig 6.5. Pianta, funzioni e superfici del piano sottotetto.



Percorso nelle vigne➔



Nell'area che comprende il cortile esterno si propone la realizzazione di un percorso a rampe in cui vi è inserito un vigneto in miniatura, volto alla conoscenza diretta della materia prima, nonché del vigneto Nebbiolo. La viticoltura, in questo contesto, si propone come mera esemplificazione del più ampio e vasto processo di coltivazione della vite, svolta esternamente al palazzo.

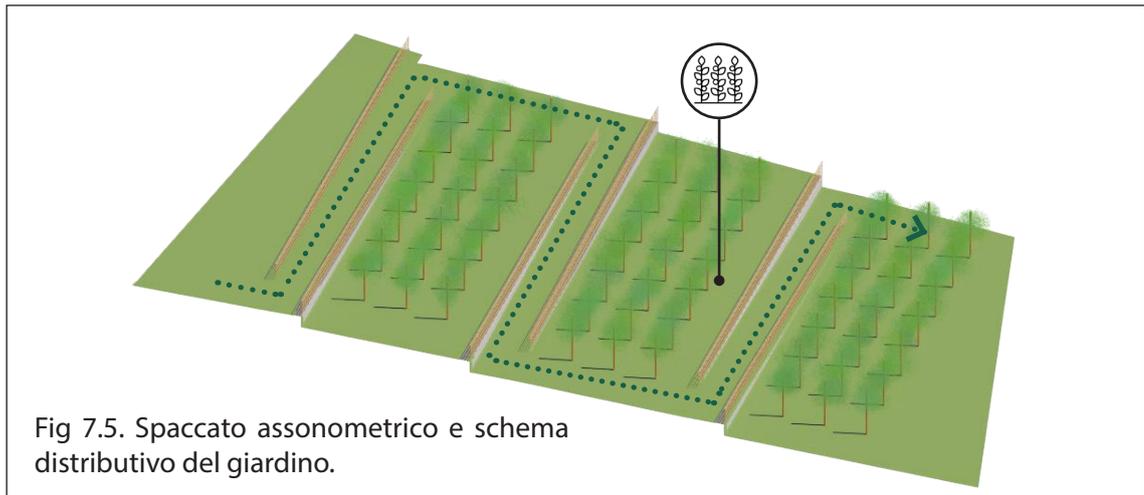


Fig 7.5. Spaccato assonometrico e schema distributivo del giardino.

Area ristorativa

In aggiunta al percorso del vino, si inserisce all'interno del palazzo un'area ristorativa aperta sia a tutti i visitatori della zona, sia ai locali.



Essa si inserisce in due delle antiche sale del palazzo al piano terra, piano che in passato ospitava molto probabilmente attività conviviali. Si prevede, inoltre, la realizzazione di una terrazza con pergolato come area ristorativa esterna. La loggia finestrata e ben illuminata funge da spazio di accoglienza e di collegamento tra i vari ambienti e tra il vano scale e il vano ascensore.



La cucina viene, invece, collocata all'interno del nuovo nucleo sotterraneo. La scelta di realizzare una zona aggiuntiva sotterranea risponde all'esigenza di inserire al suo interno tutte le attività di lavorazione che richiedono impianti più invasivi e materiali specifici. Essa risulta visibile dal giardino e si eleva per due piani, fuoriuscendo da quello interrato fino al piano terra.

Al di sopra della sua copertura si prevede l'allestimento di una terrazza a supporto del ristorante e collegata alle sale interne. A servizio di questa attività è previsto l'inserimento di un montavivande di collegamento dei tre piani.



All'interno della stanza sede dell'ex farmacia Grazzani, è collocata la reception, nonché lo spazio di accoglienza e smistamento dei visitatori alle varie attività. Questo ambiente si predispone favorevolmente all'accoglienza dei soggetti esterni, poiché collegato direttamente a via Rusca attraverso l'accesso da Largo Curzio.

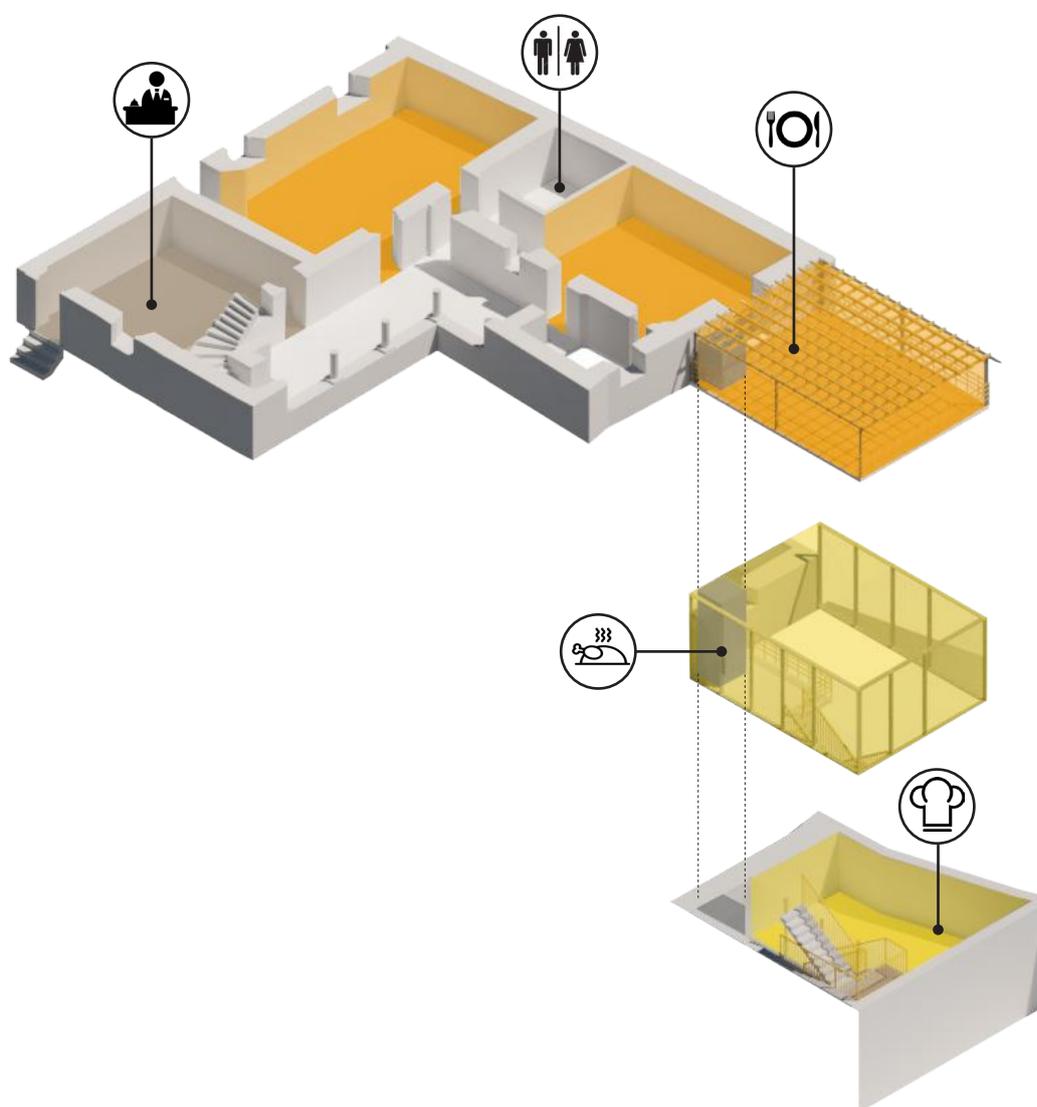
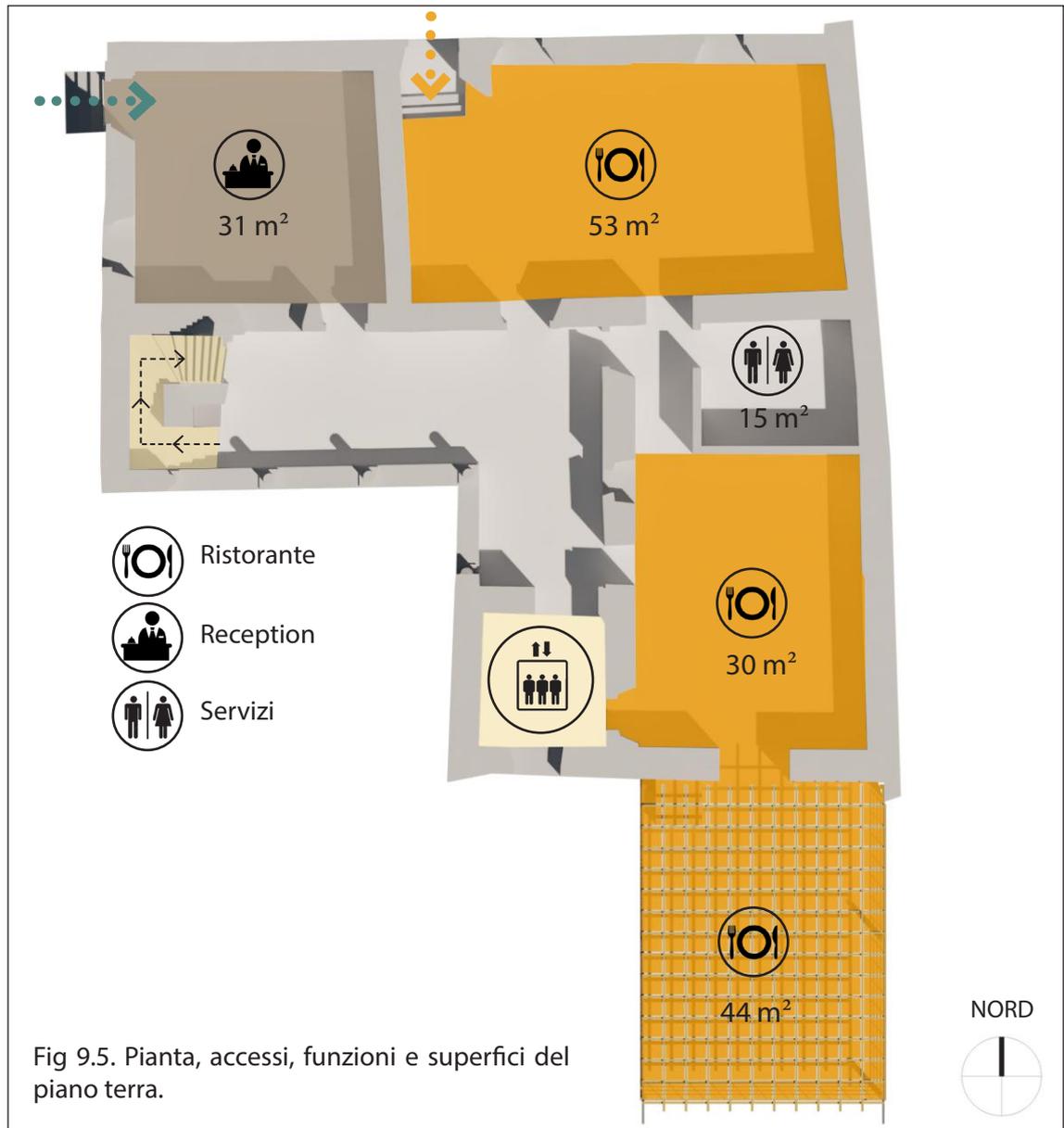


Fig 8.5. Spaccato assometrico e schema distributivo del piano terra e della cucina.



Attività private

Il primo e secondo piano sono adibite a funzione locativa, in linea con l'utilizzo che ne veniva fatto in passato. Inoltre, al primo piano è stato ricavato un ambiente destinato ad accogliere l'ufficio amministrativo.



Al primo piano si inserisce l'appartamento del proprietario dell'attività (90 m²), che affaccia su via Rusca e si suddivide in tre ambienti finestrati e ben illuminati.



La stanza che affaccia sul giardino, invece, ospita una zona uffici, conferenze e d'incontro tra privati.

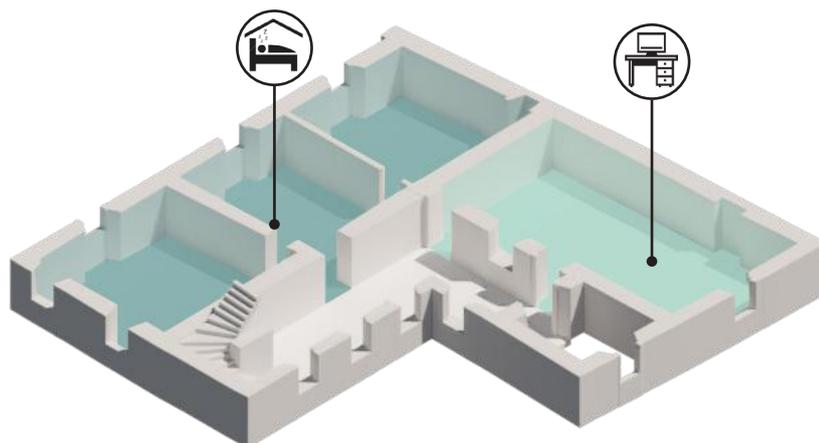


Fig 10.5. Spaccato assometrico e schema distributivo del primo piano.



Al secondo piano sono collocati tre spazi di ricezione: due suite-appartamenti di 54 m² ciascuno e una camera di 33 m². Il fine è quello di integrare al percorso conoscitivo dei prodotti tipici vinicoli della zona anche un'area di pernottamento, per quei visitatori che volessero vivere anche gli spazi interni del palazzo.

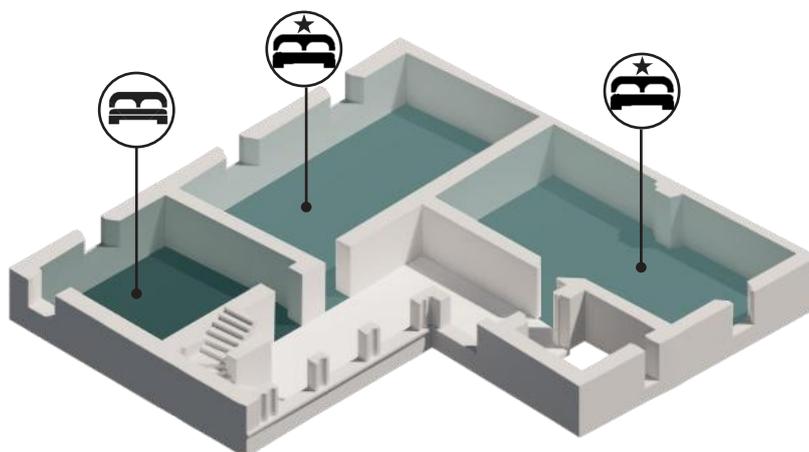


Fig 11.5. Spaccato assometrico e schema distributivo del secondo piano.

Collegamenti

Per quanto riguarda i collegamenti verticali, si è deciso di collocare il vano ascensore all'interno della torre, spazio sufficientemente ampio anche per rispondere alla necessità di un suo utilizzo per le attività produttive.

Dei due vani scala presenti allo stato di fatto, si è scelto di conservare quello cinque-seicentesco e di eliminare quello novecentesco, così da ricavare maggiori spazi utilizzabili ai piani.



5.1.2. Elaborazione grafica degli schemi distributivi

Gli schemi distributivi ottenuti sono stati realizzati attraverso una modellazione 3D mediante il software Revit di Autodesk, un programma CAD e BIM che consente la progettazione con elementi di modellazione parametrica e di disegno.

Uno dei punti di forza di Revit è quello di poter generare con estrema facilità viste prospettiche o assonometriche, che richiederebbero notevoli sforzi nel disegno manuale, come ad esempio spaccati prospettici ombreggiati. Altra caratteristica di estrema importanza è quello di costruire il modello utilizzando elementi costruttivi, mentre in altri software analoghi la creazione delle forme è svincolata dalla funzione costruttiva e strutturale.

La possibilità di modellare attraverso diversi livelli di quota ha facilitato notevolmente l'inserimento dei nuovi spazi e dei nuovi elementi costruttivi (quali lo spazio di produzione e la cucina).

Si è deciso di rappresentare gli schemi di analisi funzionale tramite spaccati assonometrici dei vari piani, che consentono una lettura più facile sia degli ambienti che delle proporzioni tra le varie dimensioni. La modellazione è stata effettuata a partire dalle piante dei vari piani dell'edificio, che sono state importate all'interno del software in formato .dwg. In questo modo è stato possibile rappresentare le irregolarità degli elementi costruttivi, ricalcando ed estrudendo le linee degli elaborati bidimensionali al fine, non solo di restituire un modello il più vicino possibile alla realtà, ma anche di riutilizzarlo nella fase successiva di elaborazione di viste renderizzate.

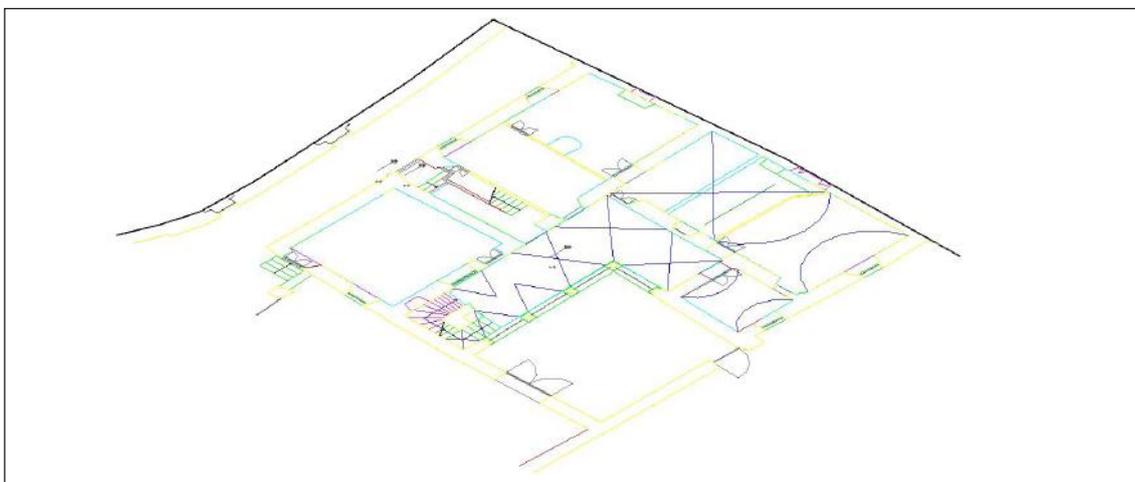




Fig 14-15-16-17-18.5. In successione: pianta del piano terra in 2D importata nel software Revit, modellazione dei muri e del pavimento, modellazione di elementi quali scale e colonne, modellazione di elementi aggiuntivi appartenenti alla proposta di riuso, vista assometrica finale. Credits: screenshots ottenuti da Revit.

5.2 Modellazione tridimensionale di viste renderizzate

Come ultima fase di elaborazione grafica si è deciso di realizzare due viste renderizzate degli ambienti più significativi della proposta di riuso, cercando di sfruttare il più possibile il modello 3D ottenuto dalla nuvola di punti, al fine di integrarlo nella nuova vista realistica.

In questo elaborato si è deciso di rappresentare la cantina interrata di conservazione del vino e la zona degustazione, collocata nella corte nel piano cantine.

La scelta di produrre queste immagini è dovuta al fatto che la rappresentazione con qualità fotorealistica consente di passare, dal punto di vista del progettista, dal tradizionale processo “penso, rappresento ed infine (al massimo) pre-vedo” al concetto “mano a mano che lo concepisco, vedo l’oggetto che sto creando come apparirà nella realtà”.

Dal punto di vista del fruitore finale invece, la visualizzazione ombreggiata in tempo reale, consente di percepire l’immagine della scena digitale esattamente come una scena reale. Questo tipo di realizzazione rende rapidamente un insieme di dati scientifici un mezzo efficace per la loro comunicazione e disseminazione, anche all’utente meno esperto (Marco Gaiani, 2007).

5.2.1 Dalla nuvola di punti alle mesh poligonali

Per sfruttare la nuvola di punti tridimensionale nella modellazione delle viste renderizzate, si è reso necessario estrapolare alcune parti della nuvola di punti quali, le volte, alcune pareti e alcuni ambienti interi, al fine di integrarli con il modello realizzato con il software Revit. Le esportazioni degli elementi originali dal programma Cyclone hanno previsto una precedente “pulitura” della nuvola stessa, volta alla selezione delle sole parti di interesse.

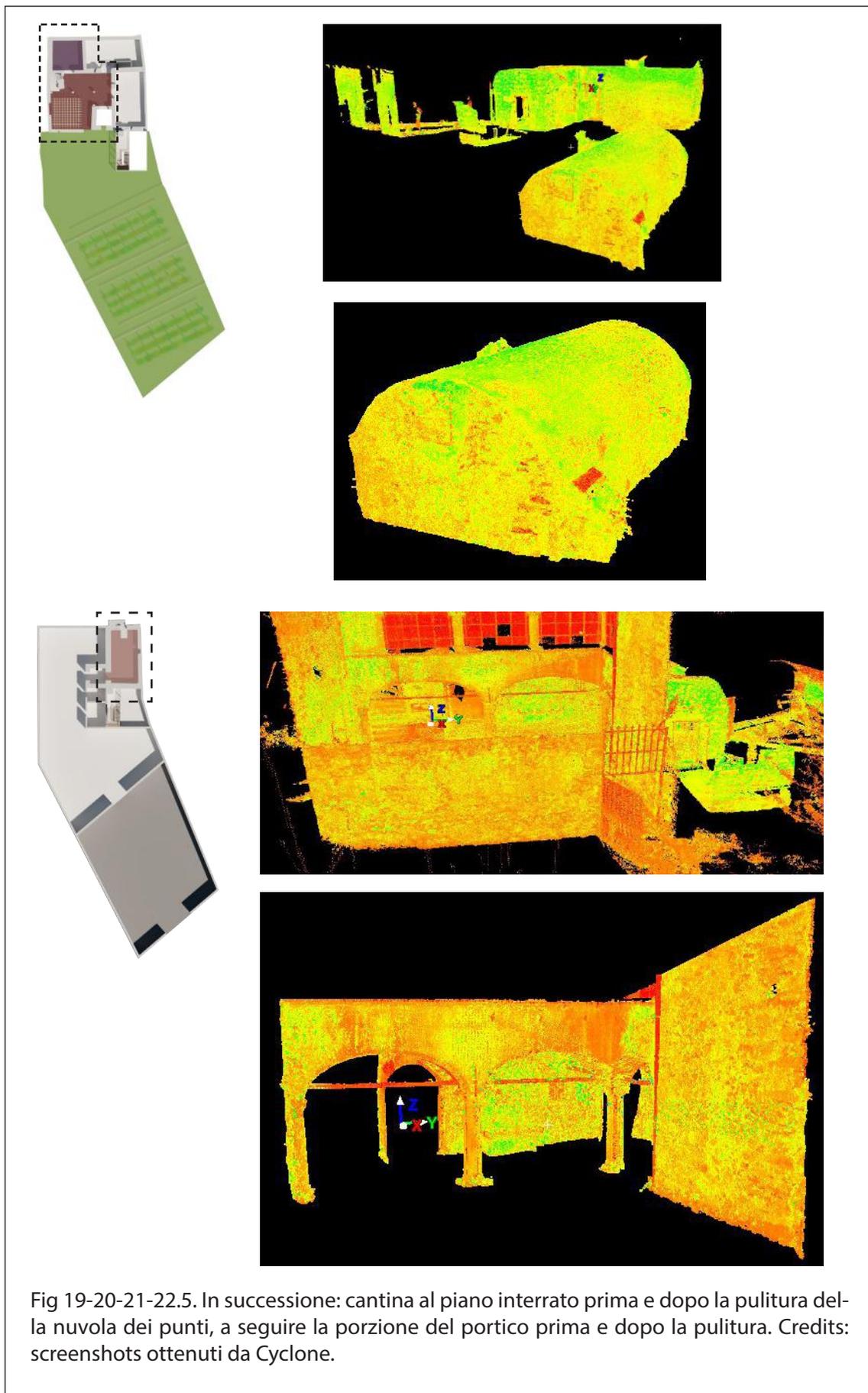


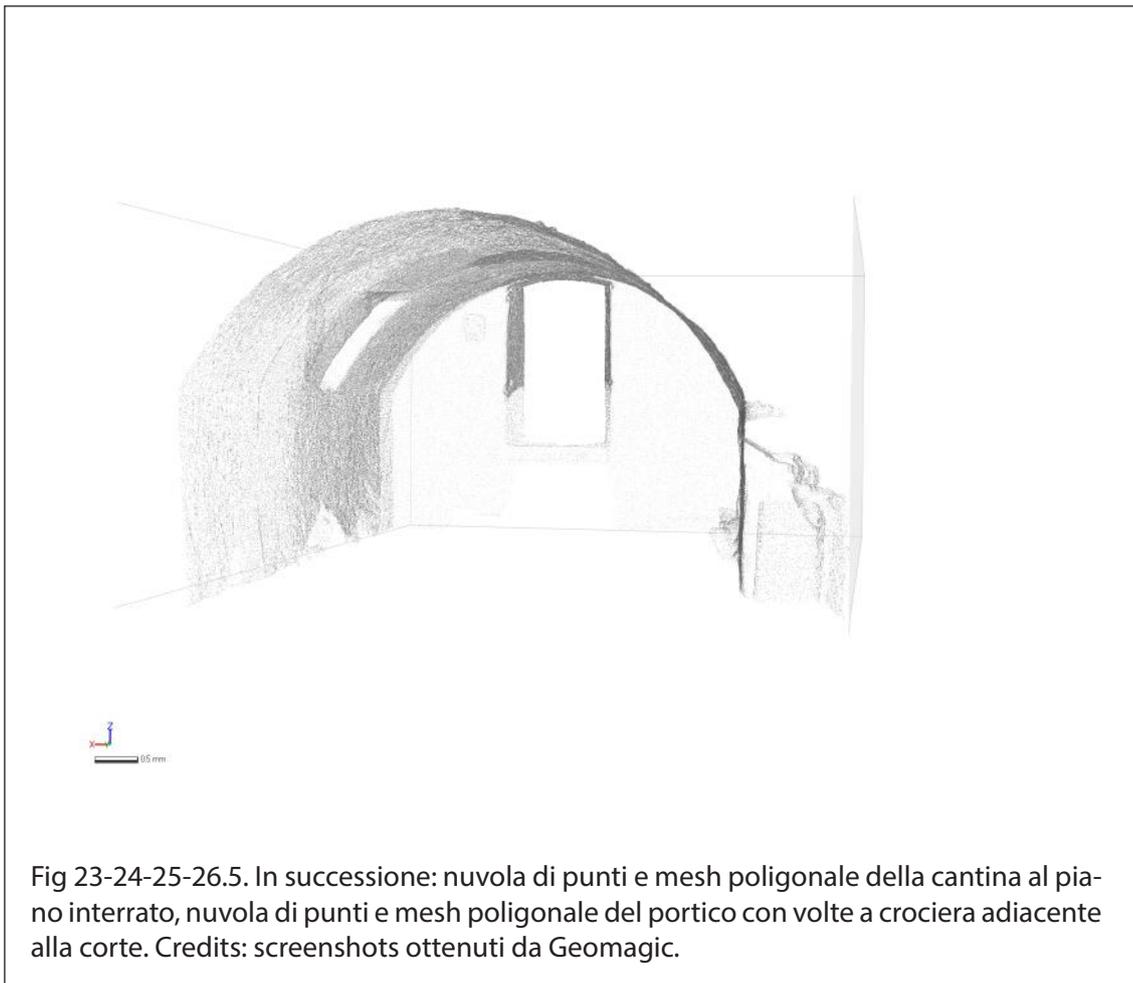
Fig 19-20-21-22.5. In successione: cantina al piano interrato prima e dopo la pulitura della nuvola dei punti, a seguire la porzione del portico prima e dopo la pulitura. Credits: screenshots ottenuti da Cyclone.

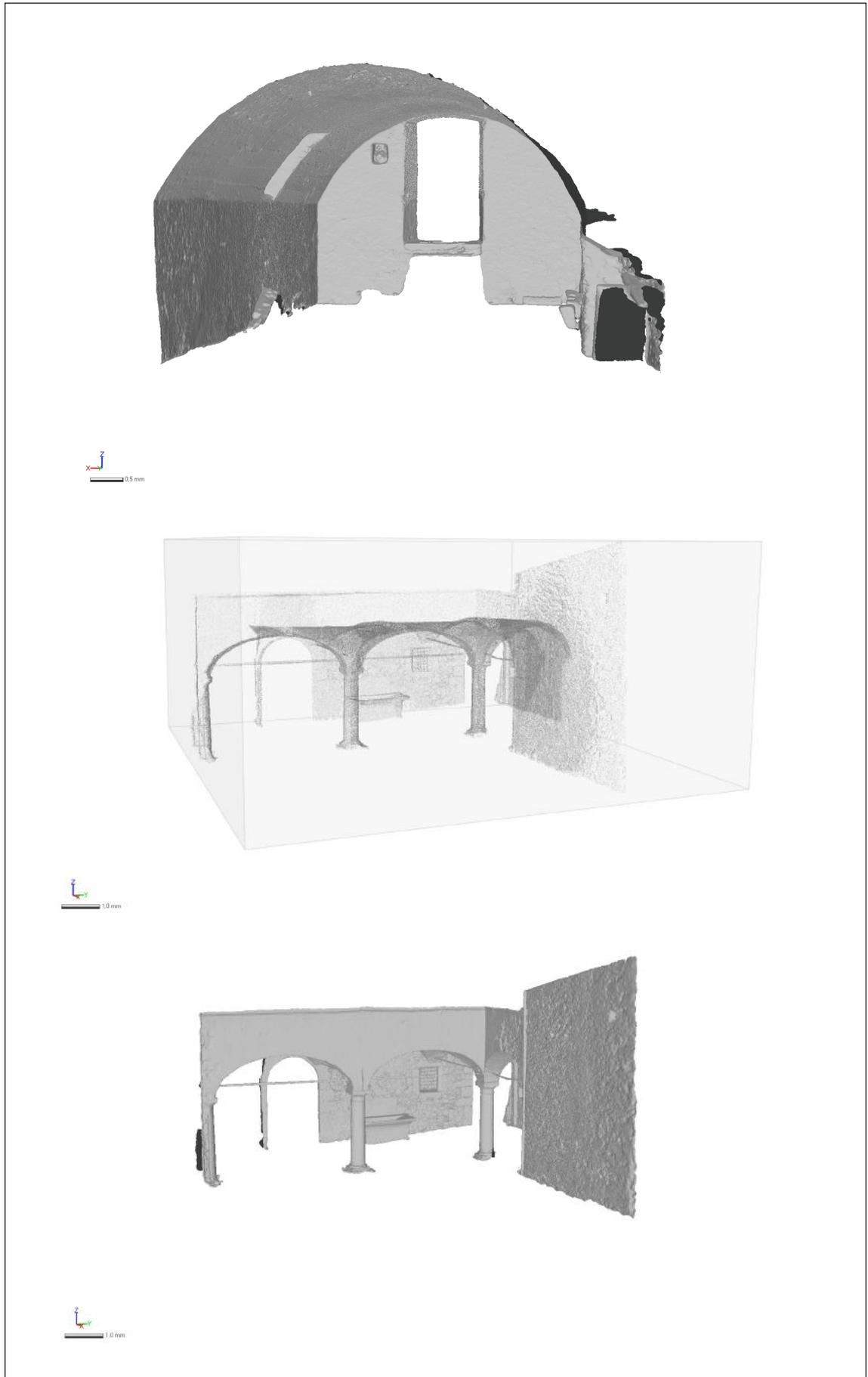
Successivamente le selezioni sono state esportate in formato .ptx ed importate nel software Geomagic Design: questo programma tra le sue varie funzioni comprende quella di trasformare una nuvola di punti in modelli poligonali 3D, attraverso un processo di triangolazione dei punti stessi.

Una volta avvenuta l'importazione, si è proceduto ad un affinamento della pulitura della nuvola, che è stata poi esportata dopo aver impostato il numero di poligoni della geometria da ottenere.

In seguito è stato settato un valore di campionamento pari a 1/16, compreso in un range che va da 1/64 a 1/1 (rispettivamente il valore più basso e più alto di precisione): così è stato possibile lavorare con file, da elaborare successivamente, che fossero allo stesso tempo precisi e non troppo pesanti.

In seguito è stata costruita una mesh HD ed esportata in formato .dxf, compatibile con il software Rhino utilizzato per la fase successiva.





5.2.2 Realizzazione delle viste renderizzate

Una volta esportate le mesh poligonali degli elementi appartenenti al modello originale dal software Geomagic e il modello tridimensionale della proposta di riuso realizzato con il programma Revit, essi sono stati uniti e integrati all'interno del software Rhinoceros 6: un programma molto versatile nella modellazione di geometrie 3D.

A partire dall'unione di queste due importazioni si è proceduto con la modellazione delle varie scene da rappresentare. Infine, attraverso il programma V-Ray, sono stati assegnati i materiali ai vari elementi all'interno delle viste e studiate le condizioni di illuminazione: artificiale per la cantina e naturale per la zona degustazione.

Vista della cantina

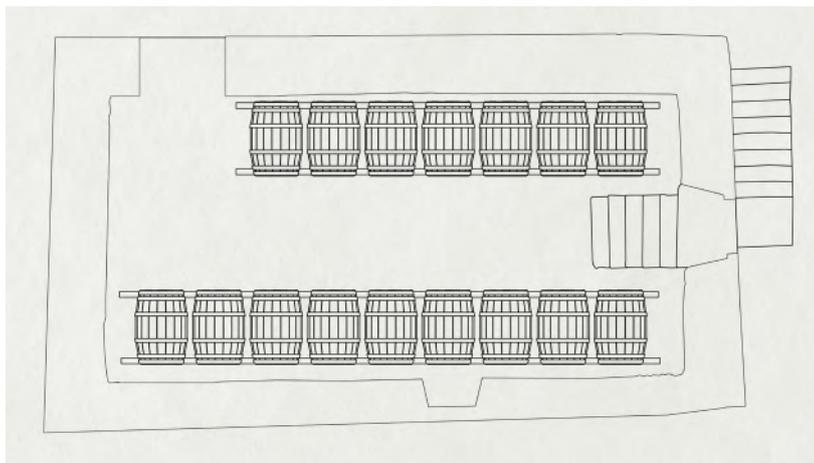


Fig 27-28.5. Sopra: unione del modello 3D ottenuto da Geomagic (in blu) e del modello realizzato con Revit (in grigio). Sotto: arredo della scena in pianta. Credits: screenshots ottenuti da Rhinoceront.

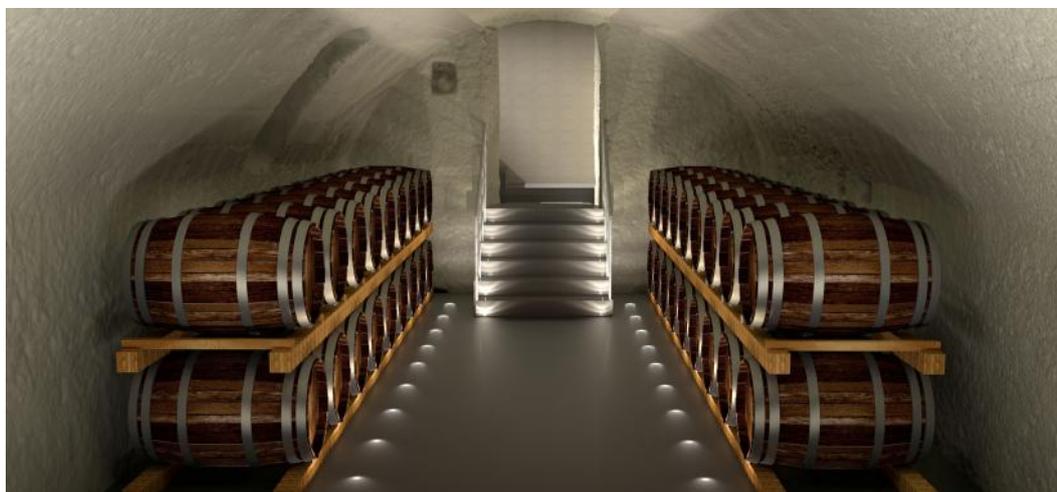


Fig 29-30.5. Sopra: arredo della scena in 3D e applicazione della texture. Sotto: vista renderizzata. Credits: screenshots ottenuti da Rhinoceront.

Vista della zona degustazioni

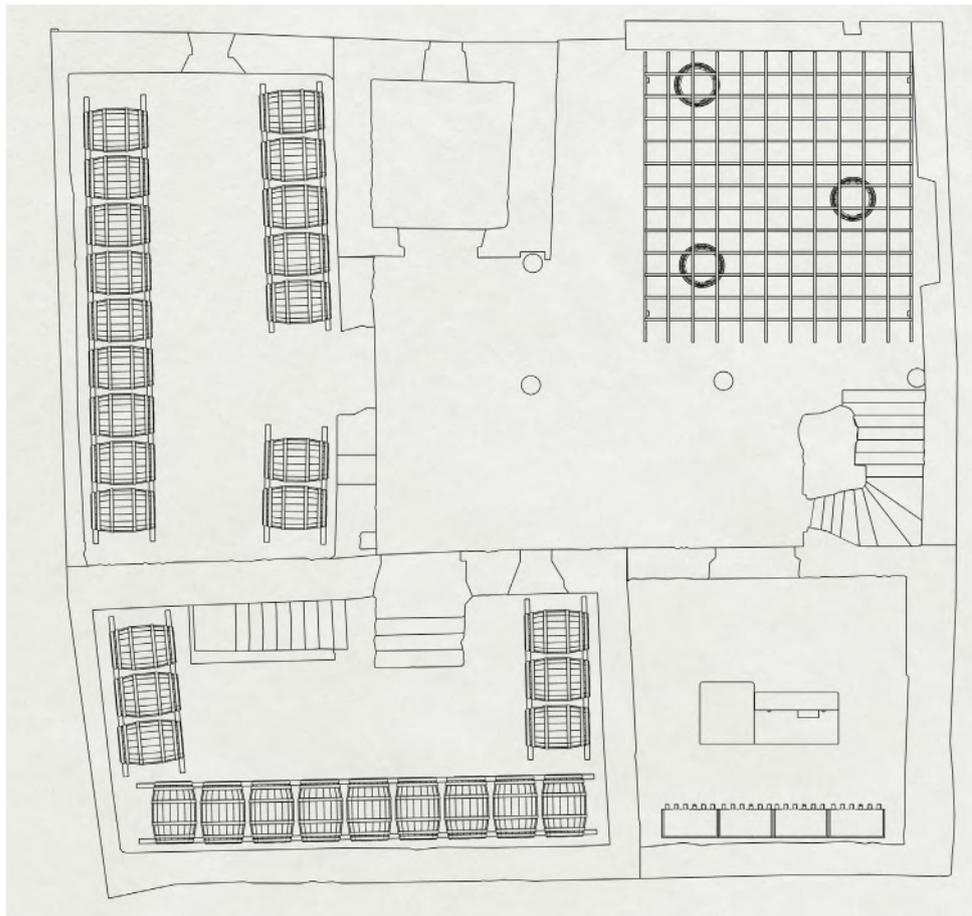
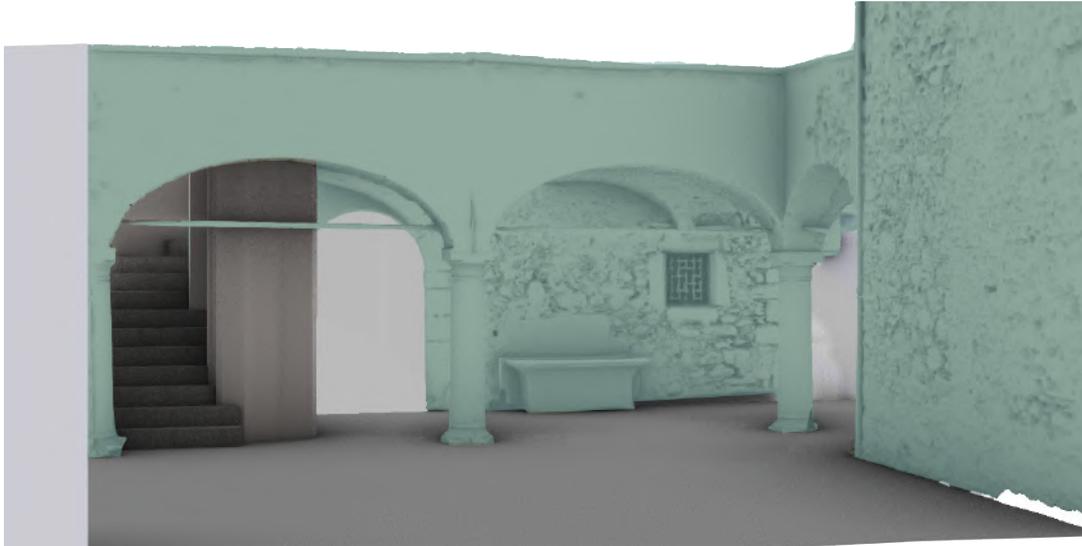


Fig 31-32 .5. Sopra: unione del modello 3D ottenuto da Geomagic (in blu) e del modello realizzato con Revit (in grigio). Sotto: arredo della scena in pianta. Credits: screenshots ottenuti da Rhinoceront.



Fig 33-34.5. Sopra: arredo della scena in 3D e applicazione della texture. Sotto: vista renderizzata. Credits: screenshots ottenuti da Rhinoceront.

5.3 Bibliografia

- Relazione generale del Piano di Governo Territoriale – Comune di Chiuro, PGT approvato con Delibera C.C. n. 32 dell'8 maggio 2009, settembre 2014.
- P. Ribéreau-Gayon-B. Donèche-D. Dubourdieu-A. Lonvaud, Trattato di Enologia 1, Edagricole, 2007.
- Centro Ricerche e Produzioni Vegetali (CRPV), Viticoltura ed Enologia biologica, Edagricole, 2004.
- L. Maroni, Annuario dei migliori vini italiani, Sens editore, 2019.
- Marco Gaiani, Metodi di fruizione di modelli 3D digitali dalla scala dell'oggetto a quella della città con dispositivi a differente livello di iconicità e facilità di interazione, in Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città, Gangemi editore, 2007.



6. CONCLUSIONI

La tecnologia del laser scanner si è rivelata molto efficace in molti ambiti applicativi, soprattutto grazie alla rapidità e completezza nella raccolta di informazioni geometriche e misure tridimensionali. Il modello tridimensionale ottenuto, infatti, ha permesso non solo di condurre le operazioni di analisi e di studio del manufatto anche in un secondo momento, nella fase di post-elaborazione del materiale, ma anche di elaborare la distribuzione spaziale della proposta di riuso includendo sempre la terza dimensione. Quest'ultimo fattore ha semplificato di molto la fase di analisi funzionale dell'attività proposta, grazie alla possibilità di verificare in tempo reale qualsiasi modifica, aggiunta o eliminazione applicata al modello 3D.

La tecnologia del laser scanner presenta, tuttavia, alcuni limiti soprattutto nella fase di gestione dei dati acquisiti e nella produzione degli elaborati finali. Nonostante l'elevata quantità e velocità di informazioni rilevate durante la campagna di rilevamento, è imprescindibile l'intervento dell'operatore nella progettazione di una corretta campagna di rilevamento e nella successiva gestione dei dati, soprattutto in presenza di geometrie ampie e/o complesse. Inoltre, per quanto riguarda la rappresentazione classica del manufatto, attraverso elaborati bidimensionali (quali piante, sezioni e prospetti), l'acquisizione dei dati mediante il rilievo laser scanner risulta sovradimensionata, con una conseguente perdita di informazioni e dati. Pertanto si è scelto di operare attraverso modelli tridimensionali, che hanno permesso non solo di estrapolare in maniera agevole le misure e le informazioni bidimensionali del manufatto con estrema precisione, ma anche di esplorare l'oggetto per gli studi ed approfondimenti successivi.

Per quanto riguarda la fase di elaborazione del materiale rilevato, si è reso necessario l'utilizzo di software e hardware sufficientemente potenti e in grado di gestire tale mole di informazioni. In linea generale, tuttavia, è stato riscontrato un buon dialogo tra i prodotti delle varie fasi di lavorazione all'interno dei diversi software, con la possibilità di importare ed esportare i file nei vari ambienti in maniera semplice e rapida.

Alcune considerazioni, inoltre, vanno avanzate sul progetto di riuso. È necessario evidenziare come l'inserimento dell'attività, quale la cantina vinicola, prevedendo in aggiunta l'integrazione del nucleo interrato per le fasi di lavorazione e produzione, comporti ingenti lavori, modifiche e costi. Risulta, quindi, interessante la possibilità di approfondire il progetto stesso, portando avanti la fase preliminare e lo studio di fattibilità trattati in questo elaborato di tesi, al fine di entrare maggiormente nel dettaglio e di studiare tutti quei fattori (quali l'impiantistica, gli interventi strutturali, i costi di realizzazione e di gestione e di tutte le soluzioni tecnologiche innovative da adottare rispondenti alle nuove esigenze, espresse dalle direttive europee, in materia di prestazione energetica), che sono stati tralasciati per dare spazio alla parte grafica. Risulta interessante, in aggiunta, la possibilità di integrare l'attività di produzione del vino con quella ricettiva, proposta dalla tesista che ha collaborato al rilievo del palazzo, con l'obiettivo di integrare quelle attività che Chiuro ha interesse ad incentivare e che contribuirebbero a riscattare la posizione del comune stesso, soprattutto a livello turistico. Rimane, quindi, aperta la strada di un possibile approfondimento del progetto, con una maggiore consapevolezza dell'utilità dei modelli tridimensionali ottenuti dall'attività di rilievo e di elaborazione dei dati.

Infine, è necessario evidenziare la centralità che il rilievo ha avuto per l'ideazione del progetto di riuso. L'intera attività svolta ha permesso di lavorare a contatto con il manufatto e di conoscerne le sue qualità, le sue stratigrafie e le sue autentiche caratteristiche estetiche, funzionali e culturali. Ciò ha generato maggiore consapevolezza e sensibilità nel voler operare sulla preesistenza, anche grazie alla collaborazione con il personale esperto locale.





RINGRAZIAMENTI

In primis volevo ringraziare i professori, che mi hanno accompagnata e supportata nella campagna di rilievo a Chiuro e durante tutta l'elaborazione della tesi: il mio relatore Ing. Luca Cipriani, gli architetti Silvia Bertacchi e Filippo Fantini. Grazie infinite all'Arch. Gianna Bertacchi e all'Ing. Simone Rostellato (Gianna e Rosty), che ci hanno seguite in ogni step con grande pazienza e disponibilità. Grazie veramente!!

Un grande ringraziamento va alla proprietaria di Casa Besta De' Gatti: l'Arch. Rosella Trillo, che ci ha permesso di accedere al palazzo e di conoscerne le sue qualità.

Ringrazio, inoltre, i ricercatori del progetto, che mi hanno fatto scoprire e conoscere la realtà di Chiuro e che ci hanno seguito nello sviluppo della tesi: Giorgio Baruta, gli architetti Paolo Agostini e Barbara Paruscio.

Un grazie immenso va alla Betta, compagna di rilievo, di tesi e di aperitivi. Grazie per aver condiviso con me le lunghe giornate di studio con buona musica, crostini al kamut e zanzare assassine. Grazie per avermi adottata, ospitata e introdotta nel mondo romagnolo!