

**Geomatic methods for the built heritage of
Canosio valorization.
Redeveloping Casa Corte by proposing an
emergency housing**

**Antonio Caleca
Jaysheel Prashant Shah
Nicolás Esteban González Rodríguez**



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Master of science program in
ARCHITECTURE FOR THE SUSTAINABILITY DESIGN

a.a. 2021/2022

Masters degree Thesis

**Geomatic methods for the built heritage of
Canosio valorization.
Redeveloping Casa Corte by proposing an
emergency housing**

Tutor:

Prof. Antonia Spanò

Co-Tutor:

Prof. Roberto Olivero
Marco Cappellazzo

Candidates:

Antonio Caleca
Jaysheel Prashant Shah
Nicolás Esteban González Rodríguez

INDEX

Abstract
Introduction
Objectives

Chapter 1

Geomatics survey methods used for the architectural analysis

- 1.1 Principles of metric survey
- 1.2 Photogrammetric survey
- 1.3 LiDAR survey
- 1.4 Mobile mapping technology
- 1.5 Gis tools

Chapter 2

Study of territory: Built landscape and traditional architecture

- 2.1 The territory of the Valley Maira: An unaltered heritage
 - 2.1.1 Autonomy of the upper valley from Marchesato di Saluzzo
 - 2.1.2 Depopulation and the pathways of emigration
- 2.2 A territory profile through historical maps
 - 2.2.1 Filing some examples of iconographic and mapping sources
- 2.3 Rural architecture in Val Maira
 - 2.3.1 Architectural varieties
 - 2.3.2 Urban Planning Structure of villages
 - 2.3.3 Building types and noble houses: the round columns and Blockbau
- 2.4 The “Case -Villaggio”. (village-houses)
 - 2.4.1 L’ Ubac
 - 2.4.2 Case del Paiass
 - 2.4.3 Casa Corte

INDICE

Introduzione

Obiettivi

Capitolo 1

Metodi di rilievo geomatico utilizzati per l'analisi architettonica

1.1 Principi di rilievo metrico

1.2 Rilievo fotogrammetrico

1.3 Rilievo LiDAR

1.4 Tecnologia di Mobile mapping

1.5 Strumenti Gis

Capitolo 2

Studio del territorio: Paesaggio costruito e architettura tradizionale

2.1 Il territorio della Valle Maira: Un patrimonio inalterato

2.1.1 Autonomia Dell'alta valle dal Marchesato di Saluzzo

2.1.2 Lo spopolamento e le vie dell'emigrazione

2.2 Profilo del territorio attraverso le mappe storiche

2.2.1 Archiviazione di alcuni esempi di fonti Iconografiche e Cartografiche

2.3 L'Architettura rurale della Valle Maira

2.3.1 Varieta Architettoniche

2.3.2 Struttura Urbanistica dei villaggi

2.3.3 Tipi di edifici e Case nobiliari: Le Colonne rotonde e il Blockbau

2.4 Le case - villaggio

2.4.1 L' Ubac

2.4.2 Case del Paiass

2.4.3 Casa Corte

Chapter 3

The geomatics survey strategy used for the 3D survey of Casa Corte, Canosio

3.1 Topographic network & GNSS

3.2 Photogrammetry

3.3 LiDAR technology

3.4 Mobile Mapping System

3.5 Generation of 3D mesh using alternate MMS technology

3.5.1 Elaboration of the scans from the 3D scanner application

3.6 Merging of the Scans from the 3D scanner application with the 3D generated using UAV, LiDAR and MMS technology.

3.7 Model integration, user-oriented approach: 3D and 2D elaborations of Casa Corte, Canosio

3.7.1 Generation of the merged 3D model

3.7.2 Realization of architectural drawings using integrated vector and raster data.

Chapter 4

Morphological and material analysis of the Casa-Corte

4.1 The 3D structured model

4.2 Basic transformation of Casa Corte

4.3 Level of degradation

4.4 list of interventions

Chapter 5

Analysis of the territory of Canosio

5.1 Landscape analysis in the territory of Canosio

5.2 The problem faced: migration flows

Chapter 6

Proposal of an emergency housing by restoring Casa Corte

6.1 Design References

6.2. Emergency housing proposal

Chapter 7

Conclusion

Capitolo 3

La strategia geomatica utilizzata per il rilievo 3D della Casa Corte, Canosio

3.1 Rete topografica e GNSS

3.2 Fotogrammetria

3.3 Tecnologia LiDAR

3.4 Sistema di Mobile Mapping

3.5 Generazione di mesh 3D con tecnologia MMS alternativa

3.5.1 Elaborazione delle scansioni dall'applicazione scanner 3D

3.6 Unione delle scansioni dell'applicazione scanner 3D con il 3D generato con la tecnologia UAV, LiDAR e MMS.

3.7 Integrazione dei modelli, approccio user-oriented: Elaborazioni 3D e 2D di Casa Corte, Canosio

3.7.1 Generazione del modello 3D complessivo

3.7.2 Realizzazione dei disegni architettonici mediante dati vettoriali e raster integrati.

Capitolo 4

Analisi morfologica e materica di Casa-Corte

4.1 Il modello strutturato 3D

4.2 Trasformazione di base di Casa Corte

4.3 Livello di degrado

4.4 Elenco degli interventi

Capitolo 5

Analisi del territorio di Canosio

5.1 Analisi del paesaggio nel territorio di Canosio

5.2 Il problema affrontato: i flussi migratori

Capitolo 6

Proposta di un'emergenza abitativa attraverso il recupero di Casa Corte

6.1 Riferimenti al design

6.2 Proposta di emergenza abitativa

Capitolo 7

Conclusione

ABSTRACT

The thesis is based on the geomatics survey techniques performed on “Casa - Corte” a Village house particular to the municipality of Canosio.

An in-depth research is carried out on the different types of geomatics survey methods, namely UAV photogrammetry, the hand held system named Zebb Revo by GeoSlam which is based on SLAM technology, LiDAR which is a laser scanner used to convert analog information digitally and Gis, a tool that allows to analyze the territory based on geographic information.

Along with team Direct DAD Polito, we students carried out a survey to analyze Valle Maira and particularly Casa Corte. We did an extensive 3D survey on cutting-edge geomatics techniques for Casa Corte, which enabled us to produce an integrated 3D representation of the building's current state. This survey data was later processed in the Laboratory of geomatics, Polito, and 3 different point clouds were generated, which on merging provided us with a detailed textured mesh of the house, given that it would have been impossible to generate a similar model as the house is in a state of ruins.

An additional mobile survey was carried out by us, with the help of 3D scanner application on an I-phone, which helped us study the interior spaces and merge the data with the previously generated point cloud.

History of a place is always interesting and for us the data was scarce as it has been difficult to map out the area of the Maira valley. Here, a compendium of the historical cartography consulted is suggested, showing the territory of Canosio wherever possible.

La tesi si basa sulle tecniche di indagine geomatiche eseguite su “Casa - Corte”, una particolare costruzione di paese nel comune di Canosio.

È stata condotta una ricerca approfondita sui diversi tipi di metodi di rilievo geomatico, ovvero la fotogrammetria UAV, il sistema portatile Zebb Revo di GeoSlam che si basa sulla tecnologia SLAM, il LiDAR che è uno laser scanner utilizzato per convertire informazioni analogiche in digitale e il Gis, uno strumento che permette di analizzare il territorio sulla base di informazioni geografiche.

Insieme al team Direct DAD Polito, noi studenti abbiamo svolto un'analisi sicura della Valle Maira e in particolare di Casa Corte. Abbiamo effettuato un ampio rilievo 3D con tecniche geomatiche all'avanguardia per Casa Corte, che ci ha permesso di produrre una rappresentazione 3D integrata dello stato attuale dell'edificio. I dati del rilievo sono stati successivamente elaborati nel Laboratorio di geomatica del Politecnico e sono state generate 3 diverse nuvole di punti che, una volta unite, ci hanno fornito una dettagliata mesh texturizzata della casa, dato che sarebbe stato impossibile generare un modello identico alla realtà in quanto la casa è in stato di rovina.

Un ulteriore rilievo mobile è stato effettuato da noi, con l'aiuto di un'applicazione scanner 3D su un I-phone, che ci ha aiutato a studiare gli spazi interni e a fondere i dati con la nuvola di punti generata in precedenza.

The territorial analysis necessary for the production of the design has been performed on GIS, giving us all the necessary details to keep in mind during the design phase.

To provide a conclusion on the application of the geomatics survey as mentioned in the thesis, the two main problems that are focused upon are:

1. The depopulation of the territory of Maira valley, and
2. The current scenario of war faced between Ukraine and Russia.

To address these, a common solution was to adapt Casa Corte by giving it new functions and providing the refugees a place where they can reside with safety and also blend in the community by making a livelihood out of the extra touristic and productive activities.

A study of the construction phases of casa corte helped us in understanding the architecture and redevelop it by keeping in mind the social, political and economical aspects.

La storia di un luogo è sempre interessante e, risultando per noi difficile il rilevamento di alcuni dati, è stato articolato il processo che ci ha portati a mappare l'area della Valle Maira. In questa sede si propone un compendio della cartografia storica consultata, riportando, ove possibile, il territorio di Canosio.

L'analisi territoriale necessaria per la produzione del progetto è stata eseguita su GIS, fornendo tutti i dettagli necessari da tenere a mente durante la fase di progettazione.

Per concludere l'applicazione dell'indagine geomatica ss citata nella tesi, i due problemi principali su cui ci si è concentrati sono stati:

1. lo spopolamento del territorio della Valle Maira e
2. L'attuale scenario di guerra tra Ucraina e Russia.

Per affrontarli, una soluzione comune è stata quella di adattare Casa Corte fornendole nuove funzioni e garantire ai rifugiati un luogo dove poter risiedere in sicurezza e integrarsi nella comunità grazie alle attività extra-turistiche e produttive. Lo studio delle fasi di costruzione di Casa Corte ci ha aiutato a comprendere l'architettura e a riqualificarla tenendo conto degli aspetti sociali, politici ed economici.

INTRODUCTION

The theme of our thesis was an opportunity suggested by Team Direct DAD Polito, that aims towards the geographical and territorial survey of Valle maira, in the region of Cuneese and also to analyse Casa Corte in the commune of Canosio .

The research is based on introduction to the Geomatics survey techniques, carried out by Team Direct Polito, which dealt with various instruments based on 4 main survey methods: UAV photogrammetry, The hand held system named Zebb Revo by GeoSlam which is based on SLAM technology, LiDAR which is a laser scanner used to convert analog information digitaly and Gis, a tool that allows to analyze the teritory based on geographic information

A survey was carried out with Team Direct PoliTo which aimed to analyse Valle Maira, this particular house “ Casa Corte” seemed very intriguing, based on its construction technique and its Geographical location. An in-depth 3D survey on innovative geomatics methods for Casa Corte was conducted which helped us to generate the integrated 3D representation of the current state of the building. Furthermore, On consulting the locals and the municipal authorities of Canosio, it was narrowed down on restoring and re-designing Casa Corte on the basis on various conclusions deduced with the help of the research done to explain in detail What? Why? When? Where? and How? of these different 4 methods mentioned before. So in this way we can understand better the importance of the use and the huge impact that

Il tema della nostra tesi si fonda su un'opportunità suggerita dal Team Direct DAD Polito, che mira al rilievo geografico e territoriale della Valle Maira, nel Cuneese e anche all'analisi di Casa Corte nel comune di Canosio.

La ricerca si basa sull'introduzione alle tecniche di rilevamento della Geomatica, svolta dal Team Direct Polito, che si è occupato di diversi strumenti basati su 4 principali metodi di rilevamento:

Fotogrammetria UAV, Il sistema palmare Zebb Revo di GeoSlam che si basa sulla tecnologia SLAM, LiDAR che è uno scanner laser utilizzato per convertire le informazioni analogiche in digitale e Gis, uno strumento che permette di analizzare il territorio sulla base di informazioni geografiche

Con il Team Direct PoliTo è stata condotto un rilievo con l'obiettivo di analizzare la Valle Maira, questa particolare costruzione “Casa Corte” sembrava molto intrigante, per la sua tecnica costruttiva e per la sua collocazione geografica. Per Casa Corte è stato condotto un approfondimento 3D sui metodi geomatici innovativi che ci ha aiutato a generare la rappresentazione 3D integrata dello stato attuale dell'edificio. Inoltre, consultando i locali e il comune di Canosio, si è ristretto il restauro e il ridisegno di Casa Corte sulla base di diverse conclusioni dedotte con l'ausilio della ricerca, utilizzata per spiegare in dettaglio Cosa? Come mai? Quando? Dove? e come? di questi diversi 4 metodi menzionati prima. Quindi in questo modo possiamo capire meglio l'importanza dell'uso e l'enorme impatto che

they have had in the “regeneration” of architecture. Geomatics outcomes are useful for the global knowledge of the architectural complex and they help us to determine how practical and sustainable these methods are to valorize the cultural heritage, especially in places like Valle Maira where history has been decided in its development, are useful.

By the use of the different geomatic methods mentioned before, and a deep analysis about the data that can be obtained from them we took it as a chance to provide a research on how this methods can help us as architects/designers to approach in the most convenient, efficient and sustainable way into a possible solution to revitalize the site which gives us an opportunity to oppose the problem of depopulation and degradation in cultural assets happening progressively since the last century according to the statistics done.

In the same time, we consider the development of this thesis and the research done as an opportunity to recognize a social, political and economical situation carried out.

For the understanding of the possible and different options of applications of the data obtained from the geomatic methods, we will present a research taking an example that Europe, and the entire world, is facing with the conflict between Russia and Ukraine, affecting millions of people with several problems one of which is the forced displacement.

questi hanno avuto nel “rigenerare” l’architettura.

I risultati della geomatica sono utili per la conoscenza globale del complesso architettonico e ci aiutano a determinare quanto siano pratici e sostenibili questi metodi per valorizzare il patrimonio culturale, soprattutto in luoghi come la Valle Maira dove la storia è stata decisiva nel suo sviluppo.

Attraverso l’uso dei diversi metodi geomatici citati in precedenza, e un’analisi approfondita dei dati che se ne possono ottenere, abbiamo colto l’occasione per fornire una ricerca su come questi metodi possono aiutarci come architetti/designer ad avvicinarci nel modo più conveniente, efficiente e sostenibile in una possibile soluzione per ridurre la problematica dello spopolamento e del degrado dei beni culturali che si sta verificando progressivamente nell’ultimo secolo .

Allo stesso tempo, consideriamo lo sviluppo di questa tesi e la ricerca svolta come un’opportunità per riconoscere una situazione sociale, politica ed economica realizzata. Per comprendere le possibili e diverse opzioni di applicazione dei dati ottenuti dai metodi geomatici, presenteremo una ricerca che prende l’esempio che l’Europa, e il mondo intero, sta affrontando relativamente al conflitto tra Russia e Ucraina, e che colpisce milioni di persone con diversi problemi, uno dei quali è lo spostamento forzato.

By recognizing this, the aim is to include the affected people into the Italian way of living. Thus, we consider Casa Corte the perfect scenario, due to its background and historical characteristics presented in the next pages of this thesis, for the development of an emergency housing project with a possibility to give them the chance to be involved into economical activities that Casa Corte provides such as farming, agriculture and the production of food goods.

Riconoscendo questo, l'obiettivo è quello di includere le persone colpite nello stile di vita italiano. Pertanto, consideriamo Casa Corte lo scenario perfetto, per il suo background e le sue caratteristiche storiche presentate nelle prossime pagine di questa tesi, per lo sviluppo di un progetto abitativo di emergenza con la possibilità di dare loro la possibilità di essere coinvolti in attività economiche che Casa Corte fornisce come l'agricoltura, e la produzione di beni alimentari.

OBJECTIVES

1. Introducing the different geomatic and photogrammetric methods used nowadays for the the requalification and valorization of the cultural/built heritage in Italy.

2. Focusing on the geomatics methods used: UAV photogrammetry, The hand held system named Zebb Revo by GeoSlam which is based on SLAM technology, LiDAR which is a laser scanner used to convert analog information digitaly and Gis, a tool that allows to analyze the teritory based on geographic information, to understand how they can be important and how they make a positive impact in the survey activities in the architecture field.

3. Demonstrate the effectivity of geomatic methods based on our case study: Casa Corte, by showing the process done to obtain 2D and 3D results/data and how they can be used.

4. Combining the 2D and 3D results obtained from our survey of geomatics methods with the surveys done in the past to have a comparative analysis of Casa Corte

5. To understand how, through architecture, possible solutions can be done to reduce the negative impact of several problems such as: depopulation, heritage degradation and forced displacement due to national and international conflicts.

6. Using geomatics methods as a tool to help designers to take actions in cases like Casa Corte to redevelop an architectural project. Specially in cases where the actual state of the building is highly degraded.

OBIEITIVI

1. Introduzione dei diversi metodi geomatici e fotogrammetrici oggi utilizzati per la riqualificazione e la valorizzazione del patrimonio culturale/costruito in Italia.

2. Studio dei metodi geomatici utilizzati: fotogrammetria UAV, il sistema palmare Zebb Revo di GeoSlam che si basa sulla tecnologia SLAM, LiDAR che è uno scanner laser utilizzato per convertire le informazioni analogiche in digitale e Gis, uno strumento che permette di analizzare il territorio sulla base di informazioni geografiche, per capire quanto possono essere importanti e come possono avere un impatto positivo nelle attività di rilievo nel campo dell'architettura.

3. Dimostrare l'efficacia dei metodi geomatici basati sul nostro caso di studio: Casa Corte, mostrando il processo eseguito per ottenere risultati/dati 2D e 3D e come possono essere utilizzati.

4. Combinare i risultati 2D e 3D ottenuti dal nostro rilievo dei metodi geomatici con i rilievi effettuati in passato per avere un'analisi comparativa di Casa Corte

5. Comprendere come, attraverso l'architettura, si possano realizzare possibili soluzioni per ridurre l'impatto negativo di diversi problemi quali: spopolamento, degrado del patrimonio e sfollamento forzato a causa di conflitti nazionali e internazionali.

6. Utilizzare i metodi della geomatica come strumento per aiutare il progettista intraprendere azioni in casi come Casa Corte per riqualificare un progetto architettonico. Soprattutto nei casi in cui lo stato attuale dell'edificio è fortemente degradato.

7. In-depth knowledge of Casa Corte, as a typical building in alpine territories.

8. Considering the study as a sample, keeping in mind the chance of application elsewhere.

7. Approfondita conoscenza di Casa Corte, come edificio tipico dei territori alpini.

8. Considerare lo studio come un campione, tenendo presente la possibilità di applicazione altrove.

CHAPTER 1

**“Geomatic methods and tools for
architectural and territorial
analysis”**

CAPITOLO

1

**“Metodi e strumenti geomatici per
l’analisi architettonica e
territoriale”**

1.1 PRINCIPLES OF METRIC SURVEY

3D survey of a built heritage currently can rely on photogrammetry and Terrestrial laser scanning. The metric survey constitutes of knowledge essential when working on an object or on territory, in our case the territory of Valle Maira and more specifically Casa Corte in the municipality of Canosio. In fact, it provides the necessary framework reference for any other analysis and diagnosis and is usually considered the indispensable basis of each project practice and in-depth study and also “useful for achievements to be repeated over time, operating with the methods of traditional topography by means of total station or with GNSS systems.

The concept that the survey of environmental and architectural assets (including also the architectural structures in the archaeological field) has been consolidated is to be carried out through the integration of TOPOGRAPHIC, PHOTOGRAMMETRIC LASER SCANNING AND LONGIMETRIC methods.

In the initial stage of any architectural project it is imperative to anchor the object of the study to the territory on which it is placed, defining, the accuracy that best fit the requirements.

the position (the coordinates) of a series of points, called vertices, distributed homogeneously on the land surrounding the object of study.

1.1 PRINCIPI DI RILIEVO METRICO

Il rilievo 3D di un patrimonio costruito attualmente può contare sulla fotogrammetria e sulla scansione laser terrestre. Il rilievo metrico costituisce delle conoscenze indispensabili quando si opera su un oggetto o su un territorio, nel nostro caso, il territorio della Valle Maira e più precisamente Casa Corte nel comune di Canosio. Esso, infatti, fornisce il quadro di riferimento necessario per ogni altra analisi e diagnosi ed è solitamente considerato la base indispensabile di ogni pratica progettuale e di approfondimento ed anche utile per realizzazioni da ripetere nel tempo, operando con i metodi della topografia tradizionale tramite stazione totale o con sistemi GNSS.

Si è consolidato il concetto che il rilievo dei beni ambientali e architettonici (comprese anche le strutture architettoniche in ambito archeologico) deve essere effettuato attraverso l'integrazione di metodi TOPOGRAFICI, FOTOGAMMETRICI LASER SCANNING E LUNGOMETRICI.

Nella fase iniziale di qualsiasi progetto architettonico è indispensabile ancorare l'oggetto di studio al territorio su cui è collocato, definendo, l'accuratezza che meglio si adatta alle esigenze. La posizione (le coordinate) di una serie di punti, chiamati vertici, distribuiti omogeneamente sul terreno circostante l'oggetto di studio.

Questi punti dovranno essere distribuiti a terra nell'area complessiva del progetto; la distribuzione di questi vertici nello spazio è fortemente determinata dalle caratteristiche geomorfologiche del sito e dalla vastità della superficie considerata.

These points will have to be distributed on the ground in the overall area of the project; the distribution of these vertices in space is strongly determined by geomorphological characteristics of the site and the vastness of the surface under consideration.

The points will then be materialized on the ground. Determining the coordinates of these points in a reference system global or local, they will form the base for the whole project.

The vertices on the ground can be defined with the aid of GNSS systems (Global Navigation Satellite System). These are measurement methods which, through the use of satellites, solve the critical aspects related to the measurement of large distances performed through traditional topographic methods.

The coordinates of the vertices are obtained by the help of this method, which are known as control points. These control points are necessary for the subsequent processing using photogrammetry or LiDAR etc. for creating a representation on an architectural scale.

I punti verranno quindi materializzati a terra, determinando le loro coordinate in un sistema di riferimento globale o locale che costituiranno la base per l'intero progetto.

I vertici a terra possono essere definiti con l'ausilio di sistemi GNSS (Global Navigation Satellite System). Si tratta di metodi di misura che, attraverso l'utilizzo dei satelliti, risolvono le criticità legate alla misura di grandi distanze effettuata con i metodi topografici tradizionali.

Le coordinate dei vertici si ottengono con l'aiuto di questo metodo, che sono conosciuti come punti di controllo. Questi punti di controllo sono necessari per le successive elaborazioni mediante fotogrammetria o LiDAR ecc. per creare una rappresentazione su scala architettonica.

Ground Control Points

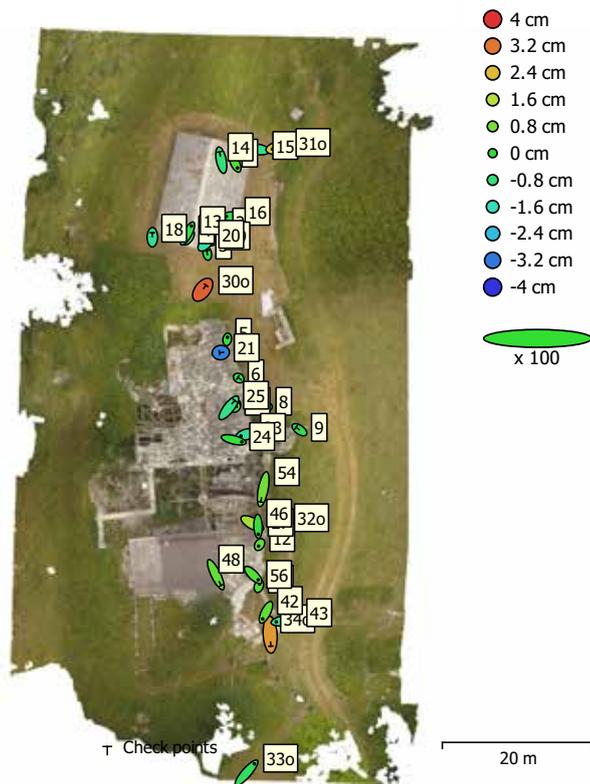


Fig.1.1- Illustration showing the Ground control points for Casa Corte.

```
P400,348324.370,4933639.971,1664.07
P500,348282.300,4933721.227,1657.04
D505,348305.196,4933631.729,1665.47
DF_01,348307.966,4933632.920,1665.48
DF_02,348311.238,4933627.938,1662.85
DF_03,348301.415,4933636.609,1664.17
DF_04,348309.016,4933620.950,1660.53
DF_05,348307.145,4933616.682,1662.23
DF_06,348310.091,4933617.465,1662.81
DF_07,348312.701,4933615.080,1663.59
DF_08,348314.989,4933620.956,1661.50
DF_09,348308.373,4933631.398,1662.18
DF_10,348307.985,4933631.941,1661.13
DF_11,348287.699,4933626.031,1665.46
DF_12,348304.149,4933621.463,1662.77
DF_13,348188.656,4933542.275,1661.41
```

Fig.1.2- Introduction to Metric Survey_ (Politecnico di Torino) a.a2020-21_ Nannina Spanò

1.2 PHOTGRAMMETRIC SURVEY

Photogrammetry is a metric survey technique which uses photographs as a metric content, and the output is typically a map, a drawing, a measurement, or a 3D model. To understand it in simple terms, photogrammetry can be broken down into following components:

'photo' - light

'gram' - drawing

'metry' - measurement¹

Many of the maps we use today are created with photogrammetry and photographs taken from aircraft.

The possibility offered by aerial platforms (airplane, helicopter, satellite) the image quantity increased rapidly.

"The images used for photogrammetry, " Photographs" are known as PHOTOGRAMS or IMAGES. These images have a digital nature, which is obtained from the sensors mounted on the digital Camera or from the sensors from the scanners." ²

Photogrammetry is nearly as old as photography itself. Since its development approximately 150 years ago, photogrammetry has moved from a purely analog, optical-mechanical technique to analytical methods based on computer-aided solution of mathematical algorithms and finally to digital photogrammetry, based on digital images and computer vision.

1.2 RILIEVO FOTOGRAMMETRICO

La fotogrammetria è una tecnica di rilevamento metrico che utilizza fotografie come contenuto metrico e l'output è in genere una mappa, un disegno, una misurazione o un modello 3D. Per capirlo in termini semplici, la fotogrammetria può essere suddivisa nei seguenti componenti:

'foto' - luce

'gram' - disegno

'metria' - misurazione¹

Molte delle mappe che utilizziamo oggi sono create con fotogrammetria e fotografie scattate da aerei.

La possibilità offerta dalle piattaforme aeree (aereo, elicottero, satellite) la quantità di immagini è aumentata rapidamente.

"Le immagini usate per la fotogrammetria, " Fotografie" sono conosciute come FOTOGRAMMI o IMMAGINI. Queste immagini hanno una natura digitale, che si ottiene dai sensori montati sulla fotocamera digitale o dai sensori degli scanner". ²

La fotogrammetria è antica quasi quanto la fotografia stessa. Dal suo sviluppo, circa 150 anni fa, la fotogrammetria è passata da una tecnica ottico-meccanica puramente analogica a metodi analitici basati sulla soluzione computerizzata di algoritmi matematici e infine alla fotogrammetria digitale, basata su immagini digitali e computer vision.

¹ (<https://www.photogrammetry.com/>)

² (*Digital Photogrammetry and images capturing_Politecnico di Torino a.a2020-21_Nannina Spano.*)

Photogrammetry is primarily concerned with making precise measurements of three-dimensional objects and terrain features from two-dimensional photographs. Applications include the measuring of coordinates; the measurement of distances, heights, areas, and volumes; the preparation of topographic maps; and the generation of digital elevation models and orthophotographs.

Two general types of photogrammetry exist: aerial (with the camera in the air) and terrestrial (with the camera handheld or on a tripod).

Aerial Photogrammetry:

“Aerial photogrammetry has been used a lot or the survey of territory and for the production of maps and other cartographic data. Mainly aerial photogrammetry is used for producing maps and updating them. For example,

- The National Maps on a small scale (mainly maps from a scale range of 1: 25000 to 1:100000),
- The Regional Technical Maps (scale range of 1: 5000 to 1: 10000),
- The Urban Technical Maps (scale range of 1: 500 to 1: 2000) for urban and territorial planning”³

Aerial photogrammetry involves taking multiple images of a feature and using them to create digitalized high resolution 2D or 3D models from which accurate measurements can be deduced. This includes the Orthophotos (maps with informative photographic content) and DTMs

La fotogrammetria si occupa principalmente di effettuare misurazioni precise di oggetti tridimensionali e caratteristiche del terreno da fotografie bidimensionali. Le applicazioni includono la misurazione delle coordinate; la misurazione di distanze, altezze, aree e volumi; la preparazione di carte topografiche; e la generazione di modelli digitali di elevazione e ortofoto.

Esistono due tipi generali di fotogrammetria: aerea (con la fotocamera in aria) e terrestre (con la fotocamera a mano o su un treppiede).

Fotogrammetria aerea:

La fotogrammetria aerea è stata molto utilizzata per il rilievo del territorio e per la produzione di mappe e altri dati cartografici. Principalmente la fotogrammetria aerea viene utilizzata per produrre mappe e aggiornarle. Per esempio,

- Le mappe nazionali su piccola scala (principalmente mappe da una scala da 1: 25000 a 1: 100000),
- Le Carte Tecniche Regionali (scala da 1:5000 a 1:10000),
- Le Carte Tecniche Urbane (scala da 1:500 a 1:2000) per la pianificazione urbana e territoriale”³

La fotogrammetria aerea comporta l'acquisizione di più immagini di un elemento e il loro utilizzo per creare modelli 2D o 3D digitalizzati ad alta risoluzione da cui è possibile dedurre misurazioni accurate. Ciò include le ortofoto (mappe con contenuto fotografico informativo) e i DTM.

³ (Principles of Photogrammetry_ Politecnico di Torino a. a2020-21_ Nannina Spano.)

(Digital Terrain Model, that is, a three-dimensional digital representation of the terrain).

Today, photogrammetry can be conducted with a mix of devices, including drones, planes and helicopters.

(Digital Terrain Model, ovvero una rappresentazione digitale tridimensionale del terreno).

Oggi, la fotogrammetria può essere eseguita con un mix di dispositivi, inclusi droni, aerei ed elicotteri.

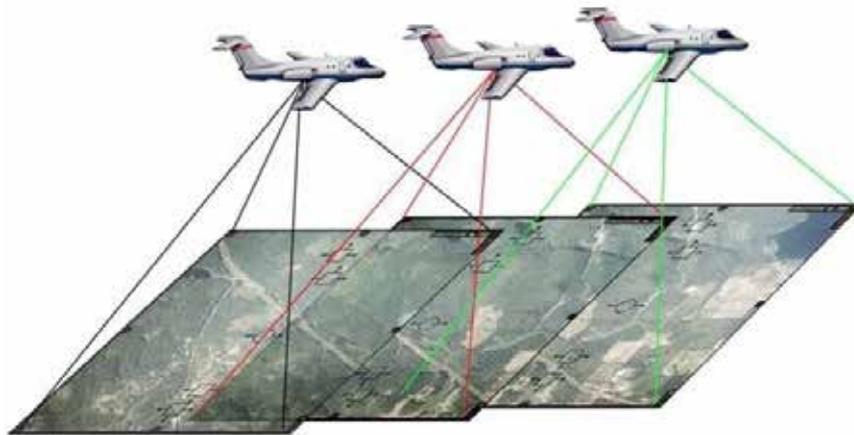


Fig.1.3- *Illustration of aerial photogrammetry, taken from Principles of Photogrammetry_ (Politecnico di Torino a.a2020-21_ Nannina Spano.)*

Terrestrial Photogrammetry (Close range Photogrammetry):

“Terrestrial photogrammetry is widely used for application in the field of architecture and engineering studies. For example, architectural photogrammetry and bridges, dams etc. respectively.”⁴ Terrestrial photogrammetry is very useful in case of objects that are not easily accessible or if they are accessible for a short period of time. For example, The arrangement of old architectural structures or archeological sites that may vary in a short period of time.

Fotogrammetria Terrestre (Fotogrammetria a distanza ravvicinata):

“La fotogrammetria terrestre è ampiamente utilizzata per applicazioni nel campo degli studi di architettura e ingegneria. Ad esempio fotogrammetria architettonica e ponti, dighe ecc.rispettivamente”⁴ La fotogrammetria terrestre è molto utile in caso di oggetti non facilmente accessibili o se sono accessibili per un breve periodo di tempo. Ad esempio, la disposizione di antiche strutture architettoniche o siti archeologici che possono variare in un breve periodo di tempo.

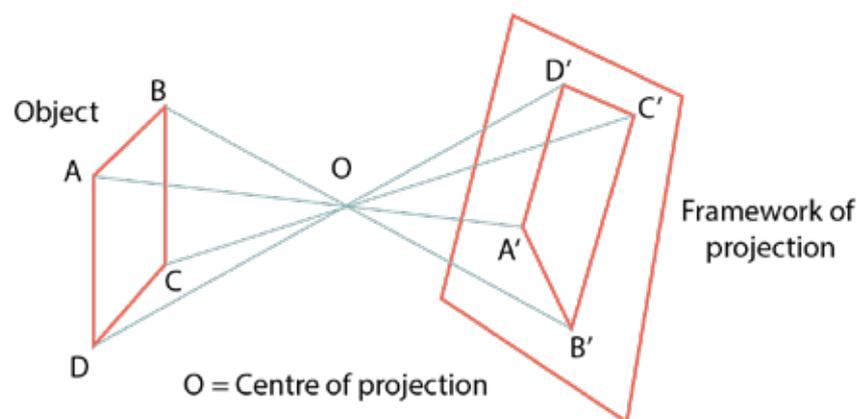


Fig.1.4- illustration showing idea of projection to determine the objects position

The photogrammetric method uses images as central views to produce metric data.

The central projection establishes a bi-univocal correspondence between the points on the object (3D) and their corresponding projections (2D), regardless of the object's position.

The idea of projection was introduced to allow for the determination of the position of an object point in three dimensions.

Il metodo fotogrammetrico utilizza le immagini come viste centrali per produrre dati metrici.

La proiezione centrale stabilisce una corrispondenza bi-univoca tra i punti dell'oggetto (3D) e le loro corrispondenti proiezioni (2D), indipendentemente dalla posizione dell'oggetto.

L'idea di proiezione è stata introdotta per consentire la determinazione della posizione di un punto oggetto in tre dimensioni.

⁴ (Principles of Photogrammetry_Politecnico di Torino a.a2020-21_Nannina Spano.)

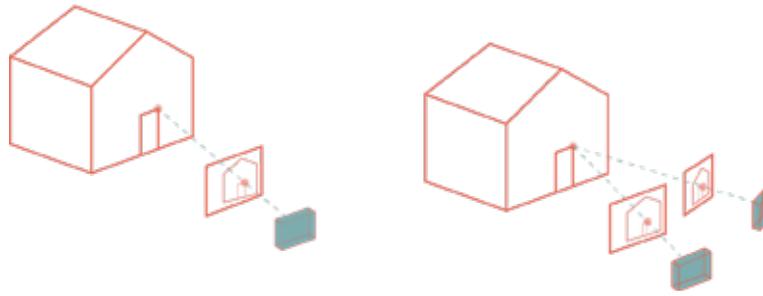


Fig.1.5- illustration showing idea of projection to determine the objects position

In a general scenario, an image showing an object from any projection center, it is possible to identify a point of the object that corresponds to a point on a projection plane. For example, the top right corner of the door.

In the case of an inverse relation, we can only determine that the point belongs to a projection line, but we cannot know the position of the line. In this case, we need to acquire a second image of the same from a different position, to get an intersection of the projections.

Thus, we can say that, to establish a point in space with the help of its images using a photogrammetric method, it is necessary to have at least 2 central projections.

In uno scenario generale, un'immagine che mostra un oggetto da un qualsiasi centro di proiezione, è possibile identificare un punto dell'oggetto che corrisponde a un punto su un piano di proiezione. Ad esempio, l'angolo in alto a destra della porta.

Nel caso di una relazione inversa, possiamo solo determinare che il punto appartiene a una retta di proiezione, ma non possiamo conoscere la posizione della retta. In questo caso occorre acquisire una seconda immagine dello stesso da una posizione diversa, per ottenere un'intersezione delle proiezioni.

Possiamo quindi dire che, per stabilire un punto nello spazio con l'ausilio delle sue immagini utilizzando un metodo fotogrammetrico, è necessario avere almeno 2 proiezioni centrali.

“The digital photogrammetric software now integrates algorithms and processes deriving from the computer vision, which exploits the Structure-from-motion (SFM) techniques that allow to estimate the 3D position of points represented in multiple images, reconstructing the geometry of the represented object (structure) and the position of the cameras (motion) even when there are no defined camera calibration parameters.”⁵

“Il software fotogrammetrico digitale integra ora algoritmi e processi derivanti dalla computer vision, che sfrutta le tecniche Structure-from-motion (SFM-Struttura dal movimento) che consentono di stimare la posizione 3D di punti rappresentati in più immagini, ricostruendo la geometria dell’oggetto rappresentato (struttura) e la posizione delle telecamere (movimento) anche quando non ci sono parametri di calibrazione della telecamera definiti.”⁵

SFM Techniques (Structure From Motion)

Components of SFM:

1. To collect stereoscopic images in high numbers, with high overlaps(80%, 90%)
2. Orientation of the images (internal and external). Using image matching as starting point
3. Estimating the capacity to generate a dense point cloud model from space-oriented images
4. Generation of a dense points model of the object.

Tecniche SFM (struttura dal movimento)

Componenti di SFM:

1. Per raccogliere immagini stereoscopiche in numero elevato, con sovrapposizioni elevate (80%, 90%)
2. Orientamento delle immagini (interne ed esterne). Utilizzo della corrispondenza delle immagini come punto di partenza
3. Stima della capacità di generare un modello di nuvola di punti densa da immagini orientate allo spazio
4. Generazione di un modello a punti densi dell’oggetto.

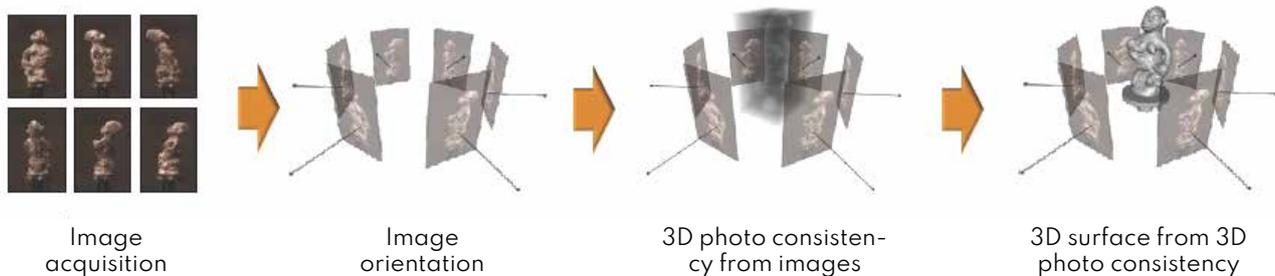


Fig.1.6- Illustration explaining SFM techniques

⁵ (Lowe, D. G. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of Computer Vision, 60(2), 91-110. <https://doi.org/10.1023/b:visi.0000029664.99615.94>)

Workflow of image matching and SFM combined

The tie-points of the images are initially extracted automatically. A tie-point is a point in a digital image or aerial photograph that represents the same location in an adjacent image or aerial photograph. These points are extracted with the help of high radiometric contrast in different directions, which makes it possible to identify a pixel in a univocal manner. For each identified point a descriptor is assigned that can be used in the phase of feature matching. In this phase the points with the most similar descriptors are aligned to carry out the triangulation.

“The process of Auto-correlation or Image matching:

- Selection of the entities for image correlation.
- Finding the corresponding entities on another image.
- Identifying the position in the space of the considered point.
- Evaluation of the quality of the correlation.”⁶

Flusso di lavoro di corrispondenza delle immagini e SFM combinati

I tie-point delle immagini vengono inizialmente estratti automaticamente. Un punto di raccordo è un punto in un'immagine digitale o in una fotografia aerea che rappresenta la stessa posizione in un'immagine o in una fotografia aerea adiacenti. Questi punti vengono estratti con l'ausilio di un elevato contrasto radiometrico in diverse direzioni, che consente di identificare un pixel in modo univoco. Ad ogni punto individuato viene assegnato un descrittore che può essere utilizzato nella fase di feature matching. In questa fase i punti con i descrittori più simili vengono allineati per effettuare la triangolazione.

“Il processo di correlazione automatica o corrispondenza delle immagini:

- Selezione delle entità per la correlazione delle immagini.
- Trovare le entità corrispondenti su un'altra immagine.
- Individuazione della posizione nello spazio del punto considerato.
- Valutazione della qualità della correlazione.”⁶

⁶(*Digital Photogrammetry and images capturing_Politecnico di Torino.a2020-21_Nannina Spano.*)

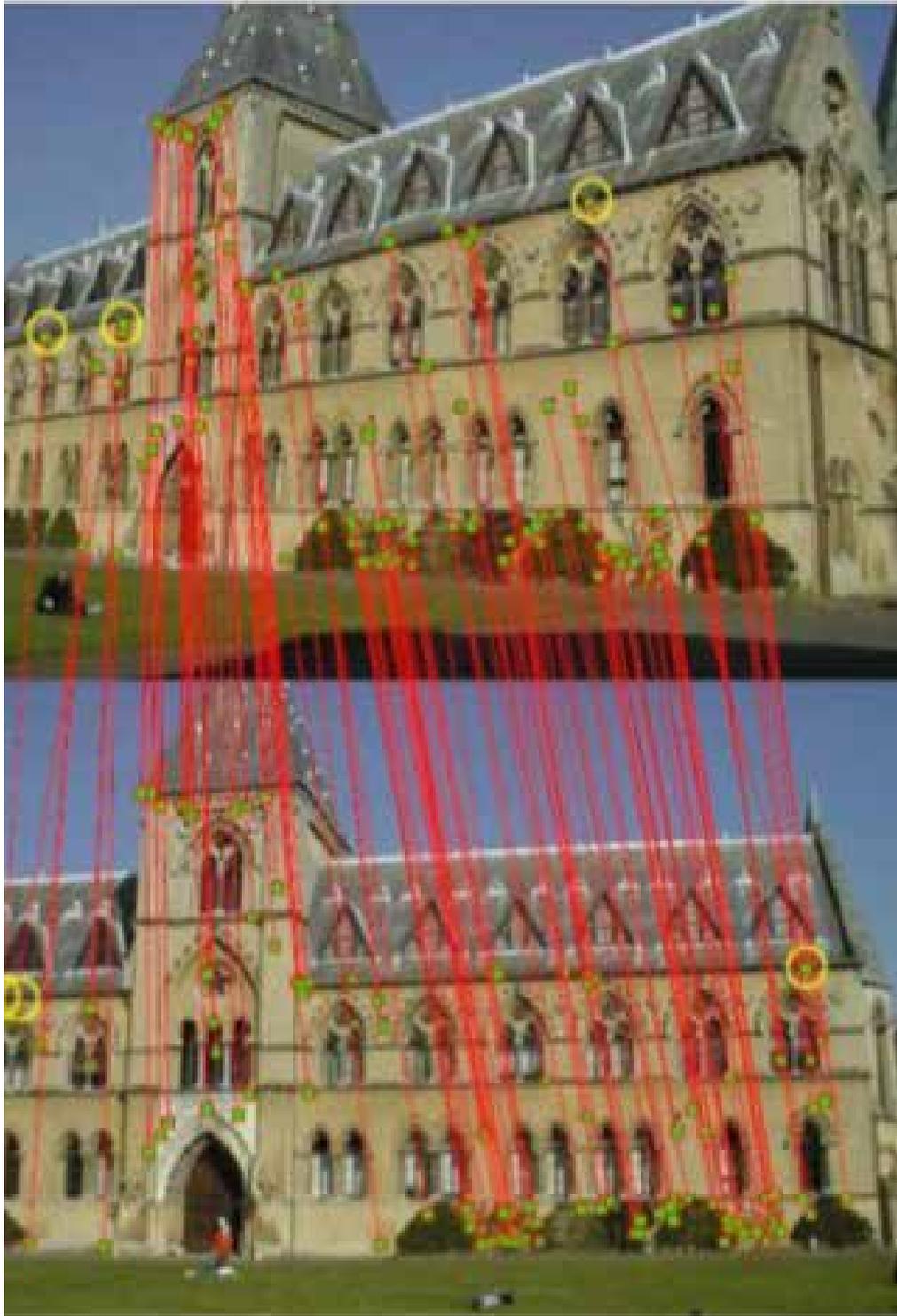


Fig.1.7- Illustration explaining the process of image matching

As we have seen earlier, in traditional photogrammetry we use the collinear equations to estimate the 3D position of the visible points of an object by using the photogrammetric triangulation with the help of at least two images.

In SFM processes, epipolar geometry is used. Often in multiple view geometry, there are interesting relationships between the multiple cameras, a 3D point, and that point's projections in each of the camera's image plane. The geometry that relates the cameras, points in 3D, and the corresponding observations is referred to as the epipolar geometry of a stereo pair. This helps to regulate the relations between the tie points, the centers of projection and the 3D position of the point to orient the images and estimate the internal and external orientations. As shown, the general setup of epipolar geometry is as follows: The gray region is the epipolar plane. The orange line is the baseline, while the two blue lines are the epipolar lines

Come abbiamo visto in precedenza, nella fotogrammetria tradizionale utilizziamo le equazioni collineari per stimare la posizione 3D dei punti visibili di un oggetto utilizzando la triangolazione fotogrammetrica con l'ausilio di almeno due immagini.

Nei processi SFM viene utilizzata la geometria epipolare. Spesso nella geometria a multiple viste, ci sono relazioni interessanti tra le telecamere multiple, un punto 3D e le proiezioni di quel punto in ciascuno dei piani dell'immagine della telecamera. La geometria che mette in relazione le telecamere, i punti in 3D e le osservazioni corrispondenti viene definita geometria epipolare di una coppia stereo. Questo aiuta a regolare le relazioni tra i punti di collegamento, i centri di proiezione e la posizione 3D del punto per orientare le immagini e stimare gli orientamenti interni ed esterni. Come mostrato, l'impostazione generale della geometria epipolare è la seguente: la regione grigia è il piano epipolare. La linea arancione è la linea di base, mentre le due linee blu sono le linee epipolari

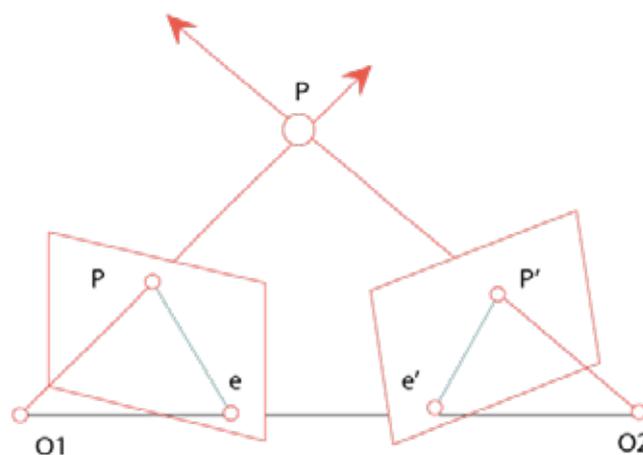


Fig.1.8- Illustration explaining the general setup of epipolar geometry.

Understanding epipolar geometry, we can come to a conclusion that we use different projective rules, related to the EPIPOLAR GEOMETRY, to automatically rebuild thousands of intersections in space that give rise to the dense model.

Comprendendo la geometria epipolare, possiamo considerare come conclusione che: utilizziamo diverse regole proiettive, relative alla GEOMETRIA EPIPOLARE, per ricostruire automaticamente migliaia di intersezioni nello spazio che danno origine al modello denso.

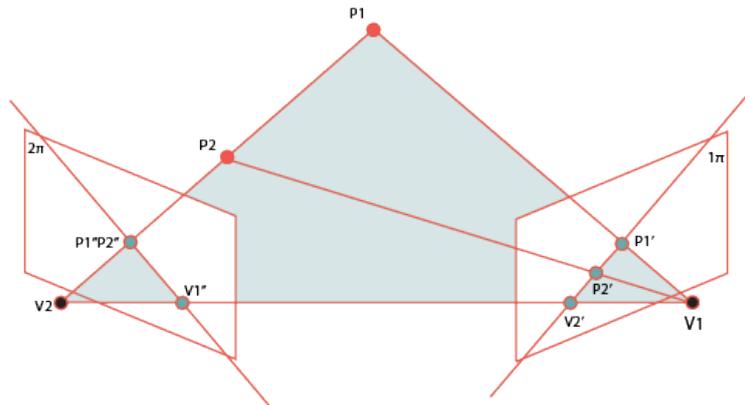


Fig.1.9- Illustration explaining the general setup of epipolar geometry.

“From the figure shown below, we can understand that when the images correlation have been performed and the centers of projection of the individual photograms are detected, the epipolar geometry allows us to obtain a cloud of points starting from the different positions of the homologous points on different images, whose position is now known in the space.”⁷

“Dalla figura riportata sotto, possiamo capire che una volta eseguita la correlazione delle immagini e rilevati i centri di proiezione dei singoli fotogrammi, la geometria epipolare permette di ottenere una nuvola di punti partendo dalle diverse posizioni dei punti omologhi su immagini diverse, la cui posizione è ora nota nello spazio”.⁷

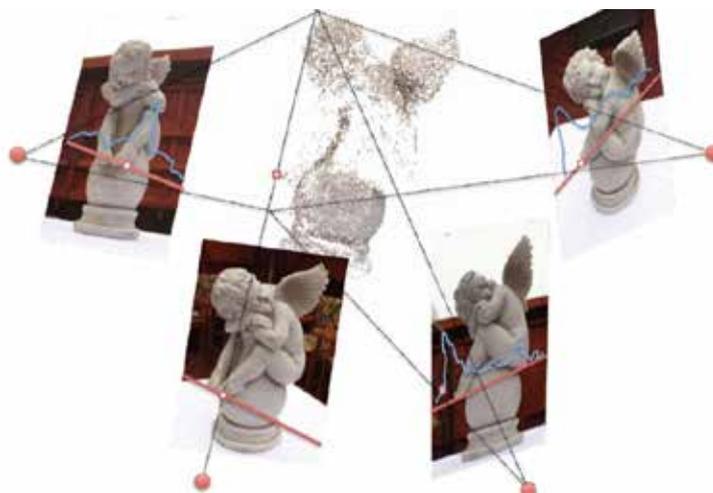


Fig.1.10- Illustration explaining image correlation process

⁷ (Digital Photogrammetry and images capturing_Politecnico di Torino.a2020-21_Nannina Spano.)

“In the figure, the ends of the black vectors represent the position of the projection centers of the single images and the blue bases represent the spatial position of the images themselves at the end of the optical pyramid.

The case shown on this page is a photogrammetric survey by drone.”⁸

UAV Photogrammetry is a photogrammetric measurement platform that is controlled remotely without the need for an operator or pilot to be present within the vehicle. A photogrammetric measuring system is installed on the instrument, which includes a video camera, a LiDAR system, thermal or infrared cameras, or a combination of these. The position and orientation of the implemented sensors can be registered and tracked in a local or global coordinate system using current standard UAVs.

“Nella figura, le estremità dei vettori neri rappresentano la posizione dei centri di proiezione delle singole immagini e le basi blu rappresentano la posizione spaziale delle immagini stesse all'estremità della piramide ottica.

Il caso mostrato in questa pagina è un rilievo fotogrammetrico con drone”.⁸

La fotogrammetria UAV è una piattaforma di misurazione fotogrammetrica che viene controllata da remoto senza la necessità della presenza di un operatore o pilota all'interno del veicolo. Sullo strumento è installato un sistema di misura fotogrammetrico, che comprende una videocamera, un sistema LiDAR, termocamere o ad infrarossi, o una combinazione di queste. La posizione e l'orientamento dei sensori implementati possono essere registrati e tracciati in un sistema di coordinate locale o globale utilizzando gli attuali UAV standard.



Fig.1.11- *Illustration explaining the photogrammetric survey done by a drone*

⁸ (Digital Photogrammetry and images capturing_Politecnico di Torino.a2020-21_Nannina Spano.)

Rules for photos shooting for SFM applications by drones

The flight planning with the help of a drone is done in parallel photogrammetric strips in a zig-zag repeated motion. This helps us to cover the entire cartographic area, in a way that all the images can be stitched properly, using suitable references.

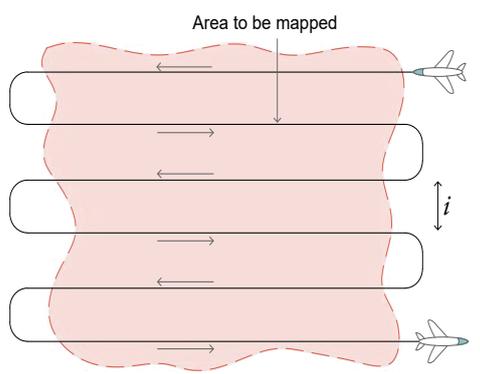


Fig.1.12- Illustration explaining flight planning with the help of drone.

Rules for photos shooting for SFM applications by drones in case of built areas

A tilted or oblique flight, with a camera angle of between 10° and 35° , is required to survey the facade by photogrammetric method. A terrestrial acquisition is useful to increase the details of the seen item.

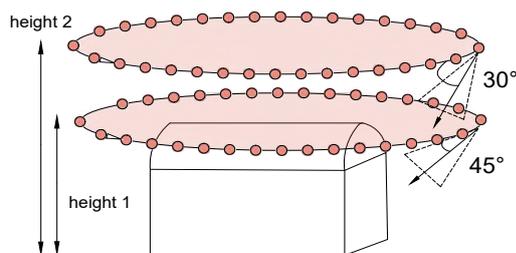


Fig.1.14- Illustration explaining a tilted flight planning with the help of drone for a built area.

Regole per lo scatto di foto per applicazioni SFM da droni

La pianificazione del volo con l'ausilio di un drone avviene in strisce fotogrammetriche parallele con un movimento ripetuto a zig-zag. Questo ci aiuta a coprire l'intera area cartografica, in modo che tutte le immagini possano essere cucite correttamente, utilizzando riferimenti adeguati.

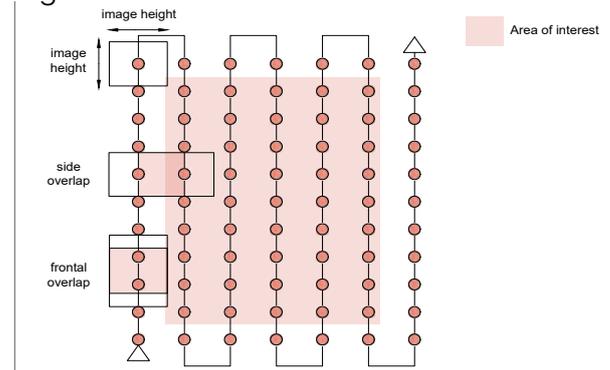


Fig.1.13- Illustration explaining overlaps of flight planning with the help of drone.

Regole per lo scatto di foto per applicazioni SFM da droni in caso di aree edificate

Per rilevare la facciata con il metodo fotogrammetrico è necessario un volo inclinato o obliquo, con un angolo di ripresa compreso tra 10° e 35° . Un'acquisizione terrestre è utile per aumentare i dettagli dell'oggetto visto.

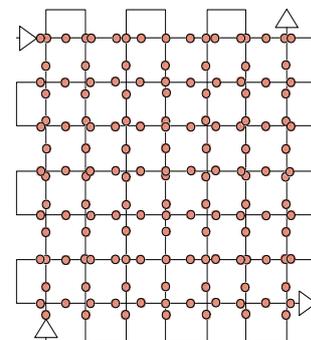


Fig.1.15- Illustration explaining double photogrammetric strips.

1.3 LiDAR SURVEY

Laser scanning system allows us to acquire the position of a large number of points in a short span of time, with the help of instruments that are highly automated. The acronym LIDAR, light detection and ranging, indicates the presence and use of electromagnetic waves to measure the distances of the object to be detected.

LiDAR technology can be used not only for architectural purposes, but also for urban and territorial scale, in particular it can be used as integration to photogrammetry, performed from airplanes and helicopters to perform aerial photogrammetry. In the terrestrial configuration, and especially in architectural heritage field, we can represent work up to 1:50 scale with a minor error of a few millimeters.

The process occurs through the pointing of a sensor that, indiscriminately, acquires through a selection of stitches, all that is in its range, converting physical forms in a series of known coordinates and radiometric information.

The inherent features of this technology including the high precision, the high resolution of the points detected, the considerable automation and speed of acquisition as well as the compact dimensions of the instrument allow us to perform the measurement phase in a very short time compared to the other tools. This way we quickly obtaining huge quantities of data. Later this data is selected and interpreted to further use it to generate a Point cloud.

1.3 RILIEVO LiDAR

Il sistema di scansione laser ci permette di acquisire la posizione di un gran numero di punti in un breve lasso di tempo, con l'ausilio di strumenti altamente automatizzati. L'acronimo LiDAR, light detection and ranging (rilevamento e raggio della luce), indica la presenza e l'utilizzo di onde elettromagnetiche per misurare le distanze dell'oggetto da rilevare.

La tecnologia LiDAR può essere utilizzata non solo per scopi architettonici, ma anche a scala urbana e territoriale, in particolare può essere utilizzata come integrazione alla fotogrammetria, eseguita da aeroplani ed elicotteri per eseguire fotogrammetria aerea. Nella configurazione terrestre, e soprattutto nel campo dei beni architettonici, possiamo rappresentare opere fino alla scala 1:50 con un piccolo errore di pochi millimetri.

Il processo avviene attraverso il puntamento di un sensore che, indiscriminatamente, acquisisce attraverso una selezione di punti tutto ciò che è nel suo raggio, convertendo le forme fisiche in una serie di coordinate note e informazioni radiometriche.

Le caratteristiche intrinseche di questa tecnologia tra cui l'elevata precisione, l'elevata risoluzione dei punti rilevati, la notevole automazione e velocità di acquisizione nonché le dimensioni compatte dello strumento ci consentono di eseguire la fase di misura in tempi brevissimi rispetto agli altri strumenti. In questo modo otteniamo rapidamente enormi quantità di dati. Successivamente questi dati vengono selezionati e interpretati per ulteriormente usarli per generare una nuvola di punti.

Scanning systems are divided into two macro categories: Range scanners and Triangulation scanners.

The Range scanners make use of the system also used for the total stations, where each point is taken from the indirect measurement of a distance and two angles by means of electromagnetic waves. By calculating the difference of phase between the wave emitted by the instrument and the reflected one from the object. The electromagnetic wave used for this purpose is a laser light beam in mono frequency and is unidirectionally oriented in space using a rotation device mirror that acts as an emitter and receiver, assisted by a rotation of the instrument itself.

The triangulation scanners, on the other hand, are equipped with the rotating mirror, and also with a separate receiver. Based on the principles of photogrammetry they succeed to reach accuracies higher in comparison with range scanners, millimetric or submillimetric, identifying the point as the intersection of two rays of known direction, defined by the emitted ray and by that reflected from the object. This is determined using the distance between the emitter and the receiver of the signal.

These tools, with the necessary precautions, can be operated both from mobile vehicles and from fixed locations. In our case, we use the range scanner, which is considered fixed.

I sistemi di scansione si dividono in due macro categorie: Scanner a distanza e Scanner a triangolazione.

Gli scanner a distanza si avvalgono del sistema utilizzato anche per le stazioni totali, dove ogni punto è ricavato dalla misura indiretta di una distanza e di due angoli mediante onde elettromagnetiche, calcolando la differenza di fase tra l'onda emessa dallo strumento e quella riflessa dall'oggetto. L'onda elettromagnetica utilizzata a tale scopo è un raggio di luce laser in mono frequenza ed è orientato unidirezionalmente nello spazio tramite un dispositivo di rotazione specchio che funge da emettitore e ricevitore, assistito da una rotazione dello strumento stesso.

Gli scanner a triangolazione, invece, sono dotati dello specchio rotante, e anche di un ricevitore separato. Sulla base dei principi della fotogrammetria riescono a raggiungere precisioni superiori rispetto agli scanner a distanza, millimetrici o submillimetrici, identificando il punto come l'intersezione di due raggi di direzione conosciuta, definiti dal raggio emesso e da quello riflesso dall'oggetto. Questo è determinato utilizzando la distanza tra l'emettitore e il ricevitore del segnale.

Questi strumenti, con le dovute precauzioni, possono essere azionati sia da mezzi mobili che da postazioni fisse. Nel nostro caso, utilizziamo il range scanner, che è considerato fisso.

TLS: Terrestrial Laser Scanning

A TLS makes possible to remotely survey areas that are complex or inaccessible to traditional surveying techniques. Within a matter of minutes, a TLS mounted on a tripod captures the relative position of objects' surfaces in its line of sight as a 3D point cloud consisting of millions of (x y z) points and their respective intensity value. A TLS is typically composed of two main parts: a rotating motor and a rotating mirror. Panoramic views are possible thanks to the combination of two rotating pieces. The head motor rotates 180 degrees horizontally and the mirror motor rotates 180 degrees vertically in the scenario depicted in Figure. In the spherical domain, the generated point cloud covers nearly 360 degrees in both horizontal and vertical directions. The mirror rotates with a consistent vertical angular step for each horizontal angular rotation step, deflecting laser beams in a set direction. Each laser ray that strikes an object's surface is measured in the direction of the emitting beam.

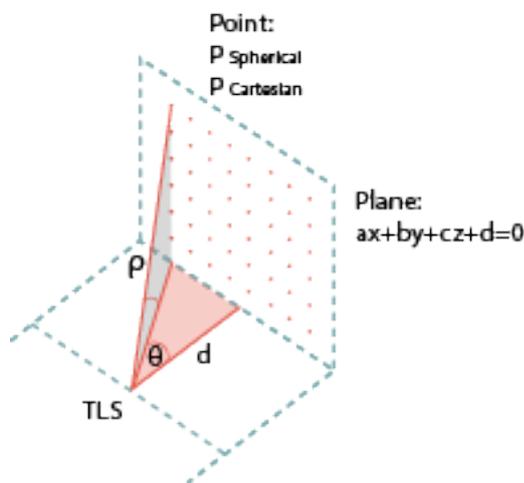


Fig.1.16- Illustration explaining the principle of a terrestrial laser scanner.

TLS: Scansione Laser Terrestre

Un TLS consente di rilevare a distanza aree complesse o inaccessibili alle tradizionali tecniche di rilevamento. In pochi minuti, un TLS montato su un treppiede cattura la posizione relativa delle superfici degli oggetti nella sua linea di vista come una nuvola di punti 3D composta da milioni di (x y z) punti e il rispettivo valore di intensità.

Un TLS è tipicamente composto da due parti principali: un motore rotante e uno specchio rotante. Le viste panoramiche sono possibili grazie alla combinazione di due pezzi rotanti. Il motore della testa ruota di 180 gradi in orizzontale e il motore dello specchio ruota di 180 gradi in verticale nello scenario illustrato in Figura. Nel dominio sferico, la nuvola di punti generata copre quasi 360 gradi sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale. Lo specchio ruota con un passo angolare verticale costante per ogni passo di rotazione angolare orizzontale, deviando i raggi laser in una direzione prestabilita. Ogni raggio laser che colpisce la superficie di un oggetto viene misurato nella direzione del raggio di emissione.

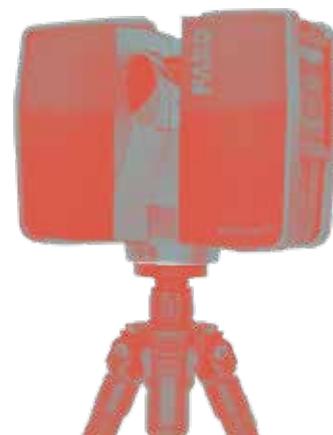


Fig.1.17- Illustration of a FARO terrestrial laser scanner used in the survey.

1.4 MOBILE MAPPING TECHNOLOGY

There are other laser scanning systems based on the Lidar technology that can be used exploiting the movement of the sensor. Such systems are called Mobile Mapping systems (MMS); many of them are supported by GNSS technology and inertial system, but others are based on SLAM (simultaneous localization and mapping) technology. It is the process of mapping an area whilst keeping track of the location of the device within that area. This is what makes mobile mapping possible. This allows map construction of large areas in much shorter spaces of time as areas can be measured using mobile robots, drones or vehicles. SLAM systems simplify data collection and can be used in outdoor or indoor environments.

The MMS is capable of producing dense clouds of well detailed points across the movement of the operator and the instrument, both in external and internal environments. Using SLAM software, a device can simultaneously localize (locate itself in the map) and map (create a virtual map of the location) using SLAM algorithms.

This way it creates a trajectory based on the time traveled with respect to the rotations. The creation of the trajectory and the cloud of points occur simultaneously with the acquisition, through the construction of the map viewable in a tablet connected to the instrument, immediately in 3D.

1.4 TECNOLOGIA DI MAPPATURA MOBILE

Esistono altri sistemi di scansione laser basati sulla tecnologia LiDAR che possono essere utilizzati sfruttando il movimento del sensore. Tali sistemi sono chiamati sistemi di mappatura mobile (MMS); molti di essi sono supportati dalla tecnologia GNSS e dal sistema inerziale, ma altri sono basati sulla tecnologia SLAM (localizzazione e mappatura simultanea). È il processo di mappatura di un'area tenendo traccia della posizione del dispositivo all'interno di quell'area. Questo è ciò che rende possibile la mappatura mobile. Ciò consente la costruzione di mappe di vaste aree in spazi di tempo molto più brevi poiché le aree possono essere misurate utilizzando robot mobili, droni o veicoli. I sistemi SLAM semplificano la raccolta dei dati e possono essere utilizzati in ambienti esterni o interni.

L'MMS è in grado di produrre nuvole dense di punti ben dettagliati attraverso il movimento dell'operatore e dello strumento, sia in ambienti esterni che interni. Utilizzando il software SLAM, un dispositivo può localizzare (localizzare se stesso nella mappa) e mappare (creare una mappa virtuale della posizione) utilizzando algoritmi SLAM.

In questo modo si crea una traiettoria basata sul tempo percorso rispetto alle rotazioni. La creazione della traiettoria e della nuvola di punti avviene contestualmente all'acquisizione, attraverso la costruzione della mappa visualizzabile in un tablet collegato allo strumento, immediatamente in 3D.

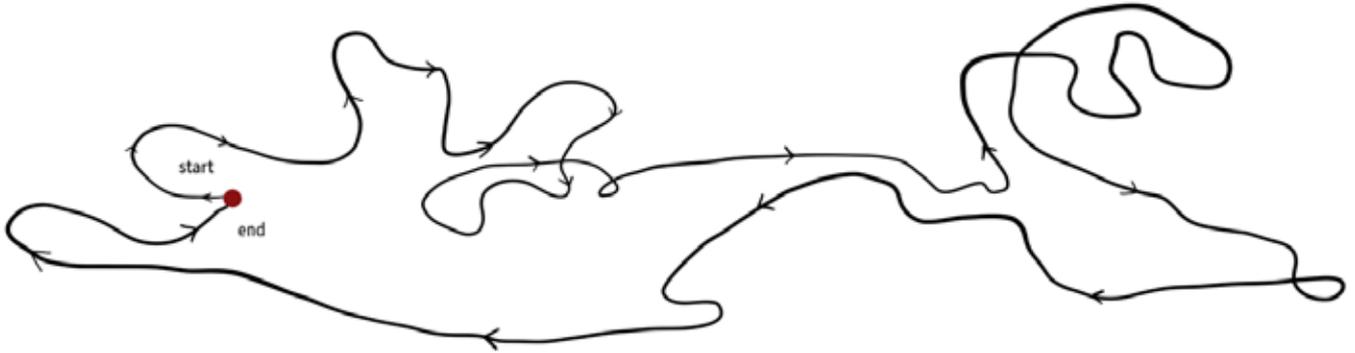


Fig.1.18- Illustration showing an example of the path or the trajectory for MMS.



Fig.1.19- Image of Zeb Revo RT instrument, when being used.

The MMS is applicable in complex environments, large spaces or also in small respectful spaces, because of its flexibility to create dense clouds while moving through the spaces. It is used to get good detailed data in a short period of time, in comparison to the stationary laser scanners. In order to obtain a correct acquisition and registration of the point clouds, it is necessary to have certain precautions while performing the operations in the field. First of all, the tool must start from a planar surface and return to the same position at the end. This is very necessary to do this in order to create a closed trajectory and a point cloud. This helps the slam algorithm to solve the entire trajectory displacement.

The path taken in the survey phase should be planned based on the configurations of the environment. The SLAM is based on the alignment of the extracted profiles. So, it is very important to plan the movement in order to avoid the swing error or the drift in the trajectory, creating an incorrect point cloud. Another feature to consider is the time taken for the survey. The recommended time for each survey is 20-30 minutes. This allows us to get better accuracy in the data. The speed of the movement is also very important because the slower the movement the more the revolutions of the rotating head of the instrument, which means more number of points acquired.

L'MMS è applicabile in ambienti complessi, ampi spazi o anche in piccoli spazi rispettosi, grazie alla sua flessibilità nel creare nuvole dense mentre ci si sposta negli spazi. Viene utilizzato per ottenere buoni dati dettagliati in un breve periodo di tempo, rispetto agli scanner laser fissi. Per ottenere una corretta acquisizione e registrazione delle nuvole di punti, è necessario avere alcuni accorgimenti durante l'esecuzione delle operazioni sul campo. Innanzitutto l'utensile deve partire da una superficie piana e ritornare alla fine nella stessa posizione. Questo è molto necessario per creare una traiettoria chiusa e una nuvola di punti. Questo aiuta l'algoritmo di slam a risolvere l'intero spostamento della traiettoria.

Il percorso intrapreso in fase di rilievo va pianificato in base alle configurazioni dell'ambiente. Lo SLAM si basa sull'allineamento dei profili estratti. Quindi, è molto importante pianificare il movimento in modo da evitare l'errore di oscillazione o la deriva nella traiettoria, creando una nuvola di punti errata. Un'altra caratteristica da considerare è il tempo impiegato per il sondaggio. Il tempo consigliato per ogni sondaggio è di 20-30 minuti. Questo ci consente di ottenere una migliore precisione nei dati. Anche la velocità del movimento è molto importante perché più lento è il movimento, maggiori sono i giri della testa rotante dello strumento, il che significa più numero di punti acquisiti.

1.5 GIS (Geographic Information System)

Introduction to GIS:

GIS (Geographic Information Systems) are tools that allow the analysis of objects and data relating to a specific context, from which programming activities can be developed. management and control of a territory, In our application.

Therefore, the geographic information system is a tool used to carry out the landscape analysis of the area covered by the thesis. GIS allows us to examine urban and territorial spatial data and to represent them with the geometric semantic specializations necessary to describe the complexity of the components. The spatial data used can then be interrogated and crossed with each other, generating new information useful for deepening certain aspects of the territorial analysis and highlighting the relationships between elements of interest.

When we talk about GIS we generally mean an information system consisting of three parts:

- **“Digital Data** –the geographical information that you will view and analyse using computer hardware and software.
- **“Computer Hardware** – computers used for storing data, displaying graphics and processing data.
- **“Computer Software** –computer programs that run on the computer hardware and allow you to work with digital data. A software program that forms part of the GIS is called a GIS Application.”⁹

1.5 GIS (Sistema Informativo Geografico)

Introduzione al GIS:

GIS (Sistemi Informativi Geografici) sono strumenti che consentono l’analisi di oggetti e dati relativi ad uno specifico contesto, da cui si possono sviluppare attività di programmazione. gestione e controllo di un territorio, nella nostra applicazione.

Pertanto, il sistema informativo geografico è uno strumento utilizzato per effettuare l’analisi paesaggistica dell’area oggetto della tesi. Il GIS consente di esaminare dati spaziali urbani e territoriali e di rappresentarli con le specializzazioni semantiche geometriche necessarie per descrivere la complessità dei componenti. I dati spaziali utilizzati possono poi essere interrogati e incrociati tra di loro, generando nuove informazioni utili ad approfondire alcuni aspetti dell’analisi territoriale ed evidenziare le relazioni tra gli elementi di interesse.

Quando si parla di GIS si intende generalmente un sistema informativo composto da tre parti:

- **“Dati digitali** – le informazioni geografiche che visualizzerai e analizzerai utilizzando hardware e software del computer.
- **“Computer Hardware** – computer utilizzati per memorizzare dati, visualizzare grafici ed elaborare dati.
- **“Software per computer** –programmi per computer che vengono eseguiti sull’hardware del computer e consentono di lavorare con dati digitali. Un programma software che fa parte del GIS è chiamato Applicazione GIS.⁹

⁹(https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/gentle_gis_introduction/introducing_gis.html.)

The digital data processed with a GIS system can be related to each other thanks to the geo-referencing of each element present in the data, that is the sun path within: of a unique reference system (SR) that reports its real spatial coordinates. The reference systems can be of a geographical type, with the position of the points on the earth's surface expressed in latitude and longitude; the one currently adopted internationally is WGS84.

No cartographic system is officially associated with this reference system, but the use of representation with UTM projection (universal traverse Mercator) is increasing frequently. The UTM with WGS 84 framing, i.e. UTM-WGS84, is therefore commonly used. Geo-referencing is a basic feature of GIS information which, therefore, must be entered in the appropriate reference system to be used.

The data used by the GIS always contain three components:

1. the spatial one: which indicates the shape and location of objects,
2. the statistical one: which quantifies the value of the entities and the
3. semantic one: which reports the descriptive meaning of the data.

The spatial GIS information, at the geographical or topographical scale, is made available to users by cartographic bodies, which produce and make available all the geographic data relating to a specific area in a digital database accessible by other administrations and by the public: cartographic servers or webgis. this system are called "Spatial data infrastructures".

I dati digitali elaborati con un sistema GIS possono essere messi in relazione tra loro grazie alla georeferenziazione di ogni elemento presente nei dati, ovvero il percorso solare all'interno: di un unico sistema di riferimento (SR) che ne riporta le reali coordinate spaziali. I sistemi di riferimento possono essere di tipo geografico, con la posizione dei punti sulla superficie terrestre espressa in latitudine e longitudine; quello attualmente adottato a livello internazionale è il WGS84.

Nessun sistema cartografico è ufficialmente associato a questo sistema di riferimento, ma l'uso della rappresentazione con proiezione UTM (universal traverse Mercator) è in frequente aumento. L'UTM con inquadratura WGS 84, ovvero UTM-WGS84, è quindi comunemente usato. La georeferenziazione è una caratteristica fondamentale dell'informazione GIS che, quindi, deve essere inserita nell'apposito sistema di riferimento per essere utilizzata.

I dati utilizzati dal GIS contengono sempre tre componenti:

1. quello spaziale: che indica la forma e la posizione degli oggetti,
2. quello statistico: che quantifica il valore delle entità
3. e quello semantico: che riporta il significato descrittivo dei dati.

Le informazioni GIS territoriali, alla scala geografica o topografica, sono messe a disposizione degli utenti da enti cartografici, che producono e mettono a disposizione tutti i dati geografici relativi ad una determinata area in una banca dati digitale accessibile da altre amministrazioni e dal pubblico: server cartografici o webgis, questo sistema prende il nome di "Infrastrutture di dati spaziali".

In our case, the main database used, given the location of the area covered by the thesis, is that of the Piedmont Region, or the GEOPortal of Piedmont. The catalogue of this portal also contains the data of other minor entities in the region, and allows free access to the data available and downloadable in various formats.

The geographic data is mainly stored according to vector or raster models.

“Vector data provide a way to represent real world features within the GIS environment. A feature is anything you can see on the landscape. A vector feature has its shape represented using geometry. The geometry is made up of one or more interconnected vertices. A vertex describes a position in space using an X, Y and optionally Z axis. Geometries which have vertices with a Z axis are often referred to as 2.5D since they describe height or depth at each vertex, but not both. When a feature’s geometry consists of only a single vertex, it is referred to as a point feature. Where the geometry consists of two or more vertices and the first and last vertex are not equal, a polyline feature is formed. Where three or more vertices are present, and the last vertex is equal to the first, an enclosed polygon feature is formed.”¹²

Nel nostro caso il database principale utilizzato, data l’ubicazione dell’area oggetto della tesi, è quello della Regione Piemonte, ovvero il GEOPortal del Piemonte. Il catalogo di questo portale contiene anche i dati di altri enti minori della regione, e consente l’accesso gratuito ai dati disponibili e scaricabili in vari formati.

I dati geografici vengono memorizzati principalmente secondo modelli vettoriali o raster.

“I dati vettoriali forniscono un modo per rappresentare le caratteristiche del mondo reale all’interno dell’ambiente GIS. Una caratteristica è tutto ciò che puoi vedere sul paesaggio. Una caratteristica vettoriale ha la sua forma rappresentata usando la geometria. La geometria è costituita da uno o più vertici interconnessi. Un vertice descrive una posizione nello spazio utilizzando un asse X, Y e opzionalmente Z. Le geometrie che hanno vertici con un asse Z sono spesso denominate 2.5D poiché descrivono l’altezza o la profondità in ciascun vertice, ma non entrambe. Quando la geometria di una feature è costituita da un solo vertice, viene definita feature puntuale. Quando la geometria è composta da due o più vertici e il primo e l’ultimo vertice non sono uguali, viene formata una caratteristica polilinea. Quando sono presenti tre o più vertici e l’ultimo vertice è uguale al primo, viene formata una caratteristica poligonale chiusa.”¹²

¹²(https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/gentle_gis_introduction/introducing_gis.html.)



Fig.1.20- Image of The logo of Geoportale Piemonte.

Vector Point Feature	Vector Polygon Feature	Vector Polyline Feature
<p>Point Geometry(indicates the x, y and z position of the feature)</p>	<p>Polygonal Geometry (a series of connected verices that do form an enclosed shape)</p>	<p>Polyline Geometry (a series of connected verices that do form an enclosed shape)</p>
Point attributes (describe the feature)	Polygon attributes (describe the feature)	Polygon attributes (describe the feature)
<i>Id, Name, Description</i>	<i>Id, Name, Description</i>	<i>Id, Name, Description</i>
<p>1, Tree, Outside our classroom 2, Light post, At the school entrance</p>	<p>1, School Boundary, Fenceline for the school 2, Sports Field, We play soccer here</p>	<p>1, Footpath 1, From class to the playground 2, Footpath 2, From school gate to the hall</p>

Fig.1.21- Illustrative diagrams of the point, linear and polygonal elements of the vector files. Immges taken from the Qgis software manual.

The geometric Components of the elements are associated with the descriptive components by the means of attributes, encoded in the table numerically or alphabetically, where each column corresponds to a characteristic element of that row.

Attributes contain information about the characteristics of the elements. They allow you to represent them differently depending on the property you want to make evident, and also to label the geometrics with the derived information from a specific characteristic of the vector.

The attributes are registered in a database (of type .dbf) which is linked to the file containing the geometry (.shp) through a file that keeps the geometry index (.shx). These 3 are the essential components for creating and reading a vector file.

Le Componenti geometriche degli elementi sono associate ai componenti descrittivi tramite attributi, codificati nella tabella in modo numerico o alfabetico, dove ad ogni colonna corrisponde un elemento caratteristico di quella riga.

Gli attributi contengono informazioni sulle caratteristiche degli elementi. Consentono di rappresentarli in modo diverso a seconda della proprietà che si vuole rendere evidente, e anche di etichettare le geometrie con le informazioni derivate da una specifica caratteristica del vettore.

Gli attributi vengono registrati in un database (di tipo .dbf) che viene collegato al file contenente la geometria (.shp) tramite un file che conserva l'indice della geometria (.shx). Questi 3 sono i componenti essenziali per creare e leggere un file vettoriale.

The Raster model:

While vector features use geometry (points, polylines and polygons) to represent the real world, raster data takes a different approach. Rasters are made up of a matrix of pixels (also called cells), each containing a value that represents the conditions for the area covered by that cell.

The Raster model, is therefore unlike the vector model. It provides a single type of value that can be subjected to analysis and originates the representation of the correlated phenomena. The most common raster data are orthophotos, aerial or DEM (digital elevation model), originating from photogrammetric processes or from the satellite acquisitions process called remote sensing. Part of the raster models are the terrain elevation models (DEM, DTM). In these files each pixel contains the information corresponding to the altitude above sea level, and they allow us to represent the surface of the ground in a 3D manner. This can be used to collaborate raster configurations for the slope, and the steepness of the terrain.

Another WEB services with which the databases release useful files in GIS is the WMS (Web Map Service). The WMS connection to the server from the database makes it possible to obtain a web layer to display data and maps on the desktop, with data residing on the regional server, without having to download the file. This data can be saved by the user but cannot be edited. This format allows us to quickly share the geographic information between different users.

Il modello Raster:

Mentre le funzioni vettoriali utilizzano la geometria (punti, polilinee e poligoni) per rappresentare il mondo reale, i dati raster adottano un approccio diverso. I raster sono costituiti da una matrice di pixel (chiamati anche celle), ciascuno contenente un valore che rappresenta le condizioni per l'area coperta da quella cella.

Il modello Raster è quindi diverso dal modello vettoriale. Fornisce un unico tipo di valore che può essere oggetto di analisi e origina la rappresentazione dei fenomeni correlati. I dati raster più comuni sono le ortofoto, areali o DEM (modello digitale di elevazione), provenienti da processi fotogrammetrici o dal processo di acquisizione satellitare chiamato telerilevamento. Parte dei modelli raster sono i modelli di elevazione del terreno (DEM, DTM). In questi file ogni pixel contiene le informazioni corrispondenti all'altitudine sul livello del mare, e ci permettono di rappresentare la superficie del suolo in maniera 3D. Questo può essere utilizzato per collaborare a configurazioni raster per la pendenza e la pendenza del terreno.

Un altro servizio WEB con cui le banche dati rilasciano file utili in GIS è il WMS (Web Map Service). La connessione WMS al server dal database permette di ottenere un web layer per visualizzare dati e mappe sul desktop, con dati residenti sul server regionale, senza dover scaricare il file. Questi dati possono essere salvati dall'utente ma non possono essere modificati. Questo formato ci consente di condividere rapidamente le informazioni geografiche tra diversi utenti.

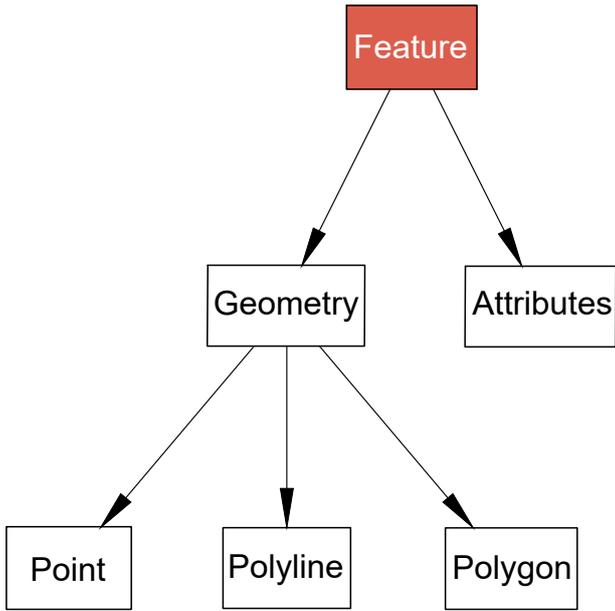


Fig.1.22- Scheme illustrating the composition of files vectors in geomatics and corresponding attributes. Images taken from Qgis software manual.

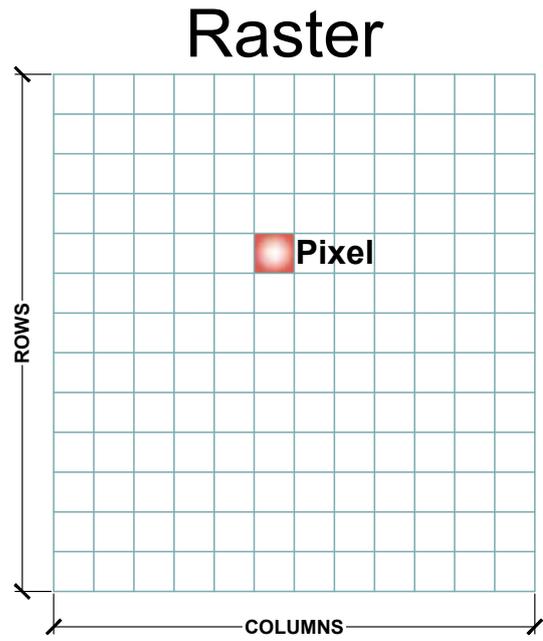


Fig.1.23- Scheme illustrating the raster retail file. Images taken from Qgis software manual.

CHAPTER

2

**Study of territory: Built landscape
and traditional architecture**

CAPITOLO

2

**Studio del territorio: Paesaggio
costruito e architettura tradizionale**

2.1 THE TERRITORY OF THE VALLEY: AN UNALTERED HERITAGE

The Maira Valley is included in Landscape Area 52 belonging to the Occitan Alpine Landscape macro-area in the Regional Landscape Plan (PPR)¹. The valley, located in the Southern Cottian Alps, extends transversely with respect to the Alpine chain, with an orientation from East to West, with a mountainous area of 581 km over a total extension of 632.97 km and an altitude between 600 and 3389m s.l.m. It includes 14 municipalities: Acceglio, Marmora, Canosio, Prazzo, Elva, Stropo, Celle di Macra, Macra, Cartignano, Roccabruna, Dronero, Villar San Costanzo and partially Busca.²

The region is bordered to the north via the watershed, by Val Varaita, to the south by Val Grana and Val Stura, to the west by the French-Italian border, and to the east by the Cuneo plain and hills.

The Plan, in addition to describing the characteristics of the territory, highlights some singularities related to naturalistic and anthropic aspects: the scarcity of communication routes has allowed the valley to maintain its landscapes unaltered, substantially reducing the anthropic impact and making this territory one of the least contaminated and well-preserved valleys in the western Alpine arc.

This phenomenon of detachment, which we could call a pronounced "isolation," has allowed the preservation over time of its peculiarities, but at the same time, this marginalization has somehow hindered developments and in-depth research both on territorial specificities and on the considerable

2.1 IL TERRITORIO DELLA VALLE: UN PATRIMONIO INALTERATO

La Val Maira è inserita nell'Ambito di paesaggio 52 appartenente al macroambito del paesaggio alpino occitano nel Piano Paesaggistico Regionale (PPR)¹. La valle, situata nelle Alpi Cozie meridionali, si estende trasversalmente rispetto alla catena alpina, con un orientamento da Est a Ovest, con una superficie montana di 581 Km su un'estensione complessiva di 632,97 km e un'altitudine compresa tra i 600 e 3.389m s.l.m. Comprende 14 comuni: Acceglio, Marmora, Canosio, Prazzo, Elva, Stropo, Celle di Macra, Macra, Cartignano, Roccabruna, Dronero, Villar San Costanzo e parzialmente Busca.²

La regione confina a nord tramite lo spartiacque, con la Val Varaita, a sud con la Val Grana e la Val Stura, a ovest con il confine italo-francese e a est con la pianura e i colli cuneesi.

Il Piano, oltre a descrivere le caratteristiche del territorio, evidenzia alcune singolarità relative agli aspetti naturalistici e antropici: la scarsità di vie di comunicazione ha permesso alla valle di mantenere inalterati i suoi paesaggi, riducendo sostanzialmente l'impatto antropico e rendendo questo territorio una delle valli meno contaminate e ben conservate dell'arco alpino occidentale.

Questo fenomeno di distacco, che potremmo definire un "isolamento" accentuato, ha permesso la conservazione nel tempo delle sue peculiarità, ma allo stesso tempo, questa marginalizzazione, ha in qualche modo ostacolato sviluppi e ricerche approfondite sia sulle specificità territoriali, sia sul considerevole

¹ (Regione Piemonte, Piano Paesaggistico Regionale. Schede degli Ambiti di paesaggio, pp. 351-358.)

² (Più Eventi, 2011, Val Maira. Ambiente, cultura e tradizioni di un'affascinante valle occitana)

cultural heritage that over the centuries man's work has distributed there. Precisely for this reason, in some cases it is complex to understand the history and dynamics of events.

While this has allowed diligent preservation of the environmental, cultural and settlement heritage by safeguarding its integrity, on the other hand, due to its relative isolation from the transformation phenomena that have affected other Alpine valleys, the territory has undergone an accelerated process of degradation and abandonment by the population. "[...] *Thus, while the natural conservatism of the Alpine environment may have defended the valley from being "normalized" to a space increasingly "domesticated" by mass tourism from industrialization, it has also retained a rugged and wild, almost closed character, which in the past supported strong and self-sufficient autonomies, but which, over time, ended up alienating the inhabitants themselves.*"³

If we wanted to search for the causes of this singularity, which has characterized and shaped the valley's way of being, understand the reasons and needs that determined its genesis, we could trace them back to some historical events that strongly marked the developments of this territory.

patrimonio culturale che nei secoli l'opera dell'uomo vi ha distribuito. Proprio per questo motivo, in certi casi risulta complesso comprendere la storia e la dinamica degli eventi.

Se da un lato questo ha permesso una diligente conservazione del patrimonio ambientale, culturale e insediativo salvaguardando la sua integrità, d'altro canto, a causa del suo relativo isolamento rispetto ai fenomeni di trasformazione che hanno interessato altre vallate alpine, il territorio ha subito un accelerato processo di degrado e abbandono da parte della popolazione. "[...] *Così, se da un lato il naturale conservatorismo dell'ambiente alpino può aver difeso la valle dalla "normalizzazione" ad uno spazio sempre più "addomesticato" dal turismo di massa dall'industrializzazione, dall'altro essa ha conservato un carattere aspro e selvaggio, quasi chiuso, che in passato ha sorretto forti ed autosufficienti autonomie, ma che, nel tempo, ha finito per allontanare gli stessi abitanti.*"³

Se volessimo ricercare le cause di questa singolarità, che ha caratterizzato e plasmato il modo di essere della valle, comprendere i motivi e le necessità che ne hanno determinato la genesi, potremmo ricondurle ad alcuni eventi storici che segnarono fortemente gli sviluppi di questo territorio.

³ (Diego Dalmasso, 1998, *Abitare l'alta montagna: Canosio in Valle Maira, recuperare Casa Corte [Tesi di laurea magistrale]. Torino: Politecnico di Torino*)

2.1.1 Autonomy of the upper valley from Marchesato di Saluzzo

In the case of the Maira Valley, it is history that has set geographical limits in the territory: a dividing line between the lower and upper valley was defined around the middle of the 13th century, establishing a physical and mental boundary, between two different jurisdictions, referring to the territory from the “*rio Bressino mentioned above*”.⁴

In the historical context of the Middle Ages, in a climate of continuous wars, facilitated among other things by the presence of narrow gorges, huge forests and the absence of easy communication routes, the need for a cohesive structure capable of defending itself against aggression, induced the twelve municipalities of the Upper Valley (Acceglio, Prazzo, San Michele, Ussolo, Canosio, Marmora, Elva, Stroppio, Celle di Macra, Alma (today's Macra), Paglieres and Lottulo, excluding Dronero and S. Damiano) to unite in a kind of confederation, give themselves free statutes and govern themselves as a free republic, following rules dictated by the Statutes (drawn up in 1396 and 1441), while formally maintaining an interdependence with the high lordship of the marquis of Saluzzo.⁵

The Statutes of the Upper Valley have an identical structure, articulated in thirteen books, the oldest preserved redaction of which dates back only to 1477. They thus constitute the oldest preserved statutory text and can still be considered a progressive, democratic manifesto.

2.1.1 Autonomia dell'alta valle dal Marchesato di Saluzzo

Nel caso della Val Maira è la storia ad aver fissato dei limiti geografici nel territorio: una linea di separazione tra bassa ed alta valle fu definita intorno alla metà del XIII secolo, stabilendo un confine fisico e mentale, tra due giurisdizioni diverse, riferito al territorio dal “*rio Bressino in su*”⁴.

Nel contesto storico del Medioevo, in un clima di continue guerre, facilitate tra l'altro dalla presenza di strette gole, enormi foreste e dall'assenza di facili vie di comunicazione, la necessità di una struttura coesa e capace di difendersi dalle aggressioni, induce i dodici comuni dell' Alta valle (Acceglio, Prazzo, San Michele, Ussolo, Canosio, Marmora, Elva, Stroppio, Celle di Macra, Alma (l'attuale Macra), Paglieres e Lottulo, escludendo Dronero e S. Damiano) a riunirsi in una sorta di Confederazione, a darsi liberi Statuti e a governarsi quale libera Repubblica, seguendo delle regole dettate dagli Statuti (redatti nel 1396 e nel 1441), pur mantenendo formalmente un'interdipendenza con l'alta signoria del marchese di Saluzzo.⁵

Gli Statuti dell'Alta Valle hanno un'identica struttura, articolata su tredici libri, la cui più antica redazione conservata risale soltanto al 1477. Costituiscono dunque il più antico testo statutario conservato e possono essere considerati ancora oggi un manifesto progressista, democratico.

⁴ (Claudia Bonardi, 2009, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese, La Valle Maira (Valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera)*, Mondovi)

⁵ (Giuseppe GULLINO (a cura di), 2008, *Gli Statuti della Val Maira Superiore (1396-1441)*, Società per gli Studi Storici, Archeologici ed Artistici della Provincia di Cuneo, Cuneo)

However, the entire territory was subject to the marquis of Saluzzo, who, in 1247, took over from the marquis of Busca, dominating the entire valley from Dronero to Acceglio.

It seems proper to ask what induced these villages in the Alpine territory to organize themselves under this form of association, each renouncing an autonomous system, favouring a form of coordination of political and governmental activity. Probably this form of cohesion was favoured by the similar demographic size of each, and especially by the fact that these were characterized by homogeneity of social, economic and cultural conditions of the population. It is interesting, therefore, to understand how they were organized and what was the political-administrative system that made it possible to operationalize effective control and coordination among all these small communities.

A body consisting basically of two figures with decision-making powers, the marquis and the Podesta respectively, ensured a system of peaceful control and mutual respect between the marquis and the inhabitants: *“Even the Podesta, who, although he was appointed by the marquis out of a trio proposed by the valley communes, and who was responsible for judging on appeal the sentences pronounced by the consuls of the individual lands, had to cede directly to the marquis the judgment on crimes of lesa maestà divina (Church) and human (marquisate state), and also the appeal that anyone had wanted to propose for his own sentences, both in civil and criminal law.*

L'intero territorio era comunque soggetto al marchese di Saluzzo, il quale, nel 1247, subentra al marchese di Busca, dominando tutta la valle, da Dronero ad Acceglio.

Risulta doveroso chiedersi cosa indusse questi villaggi del territorio alpino ad organizzarsi sotto questa forma di associazione, rinunciando ciascuno di esso ad un sistema autonomo, privilegiando una forma di coordinamento dell'attività politica e governativa. Probabilmente questa forma di coesione è stata favorita dalla simile dimensione demografica di ognuna, e soprattutto dal fatto che queste erano caratterizzate da un'omogeneità di condizioni sociali, economiche e culturali della popolazione. È interessante quindi comprendere come si fossero organizzate e qual era il sistema politico-amministrativo che permetteva di rendere operativo un effettivo controllo e coordinamento tra tutte queste piccole comunità.

Un organismo costituito fondamentalmente da due figure con poteri decisionali, rispettivamente il Marchese e il podestà, garantiva un sistema di controllo pacifico e di reciproco rispetto tra il marchese e gli abitanti: *“Anche il podestà, che pur veniva nominato dal marchese su una terna proposta dai Comuni della valle, e al quale spettava di giudicare in appello le sentenze pronunciate dai consoli delle singole terre, doveva cedere direttamente al marchese il giudizio su crimini di lesa maestà divina (Chiesa) e umana (Stato marchionale), e anche l'appello che qualcuno avesse voluto proporre per le sue stesse sentenze, sia nel diritto civile sia in quello penale.*

In turn, the communes curbed and sharply delimited the scope of the lord's right: they totally recognized him, in addition to the exercise of high justice, the right to make war (imperium) and peace; in return, however, the officers of the marquis curia had to pledge in their oath [...] not only to defend the honour and rights of the marquis, but also "to safeguard, defend, govern and support all the Churches, Hospitals and other religious places in the valley, as well as widows [...], children, orphans and the most miserable people. In addition, they were to undertake "to govern all the men of the valley according to the Statutes (freely formulated by them) and other privileges granted by the previous Marquises, and, in the absence of them, according to good customs, dating back to the time before the Marquis domination of Saluzzo. "6

Little space is left for civil law regulations, while, in a more decisive and precise manner, all the provisions concerning land defence, common pastures and trade along the valley are dealt with. The inhabitants of the valley also had "mayors of liberty" who defended their rights against the officials of the curia. In other words, the Upper Valley municipalities lived civil life, within their own borders, embedded in a free republic. 7

Under the marquisate of Saluzzo, the Maira valley experienced a flourishing political, cultural, and artistic period.

What Luigi Massimo calls spreading of medieval art 8, where the skilful use of building techniques and the refined workmanship of certain architectural elements (mullioned windows, capitals, lintels)

A loro volta i Comuni mettevano un freno e delimitavano nettamente l'ambito del diritto del signore: gli riconoscevano totalmente, oltre che l'esercizio dell'alta giustizia, anche il diritto di far guerra (imperium) e pace; in cambio, tuttavia, gli ufficiali della curia marchionale dovevano impegnarsi nel loro giuramento [...], oltre che a difendere l'onore e i diritti del marchese, anche «a salvaguardare, difendere, governare e sostenere tutte le Chiese, gli Ospedali e gli altri luoghi religiosi della valle, nonché le vedove [...], fanciulli, gli orfani e le persone più misere. Inoltre, si dovevano impegnare «a reggere tutti gli uomini della valle secondo gli Statuti (da loro liberamente formulati) e gli altri privilegi concessi dai Marchesi precedenti, e, in mancanza di essi, secondo le buone consuetudini, risalenti al tempo precedente la dominazione marchionale saluzzese »." 6

Si lascia poco spazio alle normative in tema di diritto civile, mentre, in maniera più decisiva e precisa, vengono trattate tutte le disposizioni in materia di difesa della terra, di pascoli comuni e di commercio lungo la valle. Gli abitanti della valle disponevano anche di "sindaci di libertà" che difendevano i loro diritti contro gli ufficiali della curia. In altre parole, i comuni dell'Alta valle vivevano la vita civile, all'interno dei propri confini, inseriti in una repubblica libera. 7

Sotto il marchesato di Saluzzo la val Maira vive un florido periodo politico, culturale e artistico.

Si diffonde quella che Luigi Massimo definisce arte medioevale 8, dove il sapiente uso di tecniche edilizie e la raffinata lavorazione di alcuni elementi architettonici (bifore, capitelli, architravi)

⁶ (Mario Cordero; Milli Chegai, 1996, Valle Maira, Cuneo)

⁷ (Mario Cordero; Milli Chegai, Ibidem)

⁸ (Luigi Massimo, 1993, L'architettura della Val Maira)

highlight and highlight the prosperity and well-being of the valley under the leadership of the Marquisate.

The moment of greatest prosperity is reached in the 15th century under the rule of Ludovico I and Ludovico II of Saluzzo. Great patrons of the arts, during their years in power the arts and trade undertaken with the French areas were greatly developed. However, after the death of Ludovic II, a pro-French policy followed, and a few years later the marquisate was incorporated into the kingdom of France. In 1549 the judicial organization of the marquisate changed: three royal judges, residing in Saluzzo, Carmagnola and Dronero, were established to replace the Podesta, but the statutes were kept in force. In the following period the Savoys would take over the territory and cancel the privileges granted by the marquises, decreeing the end of a long period of autonomy and prosperity.

While this order, referred to as the Republic of Maira Valley ⁹, guaranteed a long period of political, economic and artistic prosperity that lasted for more than three centuries, a steady general decline followed, worsening to near depopulation in the last decades of the 20th century.

evidenziano e mettono in luce la prosperità e il benessere della valle sotto la guida del Marchesato.

Il momento di massima prosperità si raggiunge nel XV secolo sotto il dominio di Ludovico I e Ludovico II di Saluzzo. Grandi mecenati, negli anni in cui sono al potere si sviluppano notevolmente le arti e i commerci intrapresi con le aree francesi. Tuttavia, dopo la morte di Ludovico II, seguì una politica filo-francese e pochi anni dopo, il marchesato venne incorporato nel regno di Francia. Nel 1549 cambiò l'organizzazione giudiziaria del marchesato: vennero istituiti tre giudici regi, residenti a Saluzzo, Carmagnola e Dronero, che sostituirono i podestà, ma si mantennero in vigore gli Statuti. Nel successivo periodo i Savoia avrebbero preso il potere del territorio e cancellato i privilegi concessi dai marchesi, decretando la fine di un lungo periodo di autonomia e benessere.

Se questo ordinamento, definito la cosiddetta Repubblica della Valle Maira o repubblichetta ⁹, garantì un lungo periodo di prosperità politica, economica e artistica che perdurò per oltre tre secoli, seguì un costante declino generale, peggiorato fino al quasi spopolamento negli ultimi decenni del XX secolo.

⁹ (Più Eventi, 2011, lvi, pp. 23)

2.1.2 Depopulation and the pathways of emigration

The two world wars aggravated an already critical situation concerning the process of depopulation that the country was already going through at the end of the nineteenth century. Subsequently, fascism and war left clear marks, and the prospects on the horizon foreshadowed a steady decline: the high number of casualties suffered during the two world wars and the emigration of the early twentieth century was followed by an almost total abandonment in the 1960s and 1970s. Villages and towns experienced a frightening depopulation, an overwhelming phenomenon with no return. The transmission of knowledge handed down from one generation to the next was interrupted, leading to a crumbling of ancient communities. A terrible and desolating experience, a civilization without heirs, a constant abandonment of dwellings and activities.

“The Maira Valley is therefore aging rapidly. Schools are closing. Few children are born. Since the 1960s, a century-long cycle of population seems to have ended, while the characters that the new history will take on still appear uncertain. But at this point it is necessary to open the discussion of emigration, which is the other face of depopulation. [...] For the Maira Valley, significant data on temporary (and sometimes permanent) emigration we have from the mid-1700s, when the Intendant of the province of Cuneo Nicolis di Brandizzo documents a widespread presence of emigration trades, and describes a people of peddlers and shepherds, of hemp combers and beggars, who in

2.1.2 Lo spopolamento e le vie dell'emigrazione

I due conflitti mondiali aggravarono una situazione già critica riguardante il processo di spopolamento che stava attraversando il paese, già alla fine dell'Ottocento. Successivamente, il fascismo e la guerra lasciarono segni evidenti e le prospettive all'orizzonte prefiguravano un costante declino: all'alto numero di vittime, subito durante i due conflitti mondiali, e all'emigrazione dei primi anni del Novecento seguì un quasi totale abbandono negli anni Sessanta e Settanta del Novecento. Villaggi e paesi vissero uno spopolamento spaventoso, un fenomeno stravolgente e senza ritorno. Si interruppe la trasmissione del sapere che si tramandava da una generazione all'altra e ciò portò a uno sgretolamento delle antiche comunità. Un'esperienza terribile e desolante, una civiltà senza eredi, un costante abbandono delle abitazioni e delle attività.

“La Valle Maira invecchia dunque rapidamente. Le scuole chiudono. Nascono pochi bambini. Fin dagli anni Sessanta sembra essersi chiuso un ciclo secolare di popolamento, mentre appaiono ancora incerti i caratteri che assumerà la nuova storia. Ma a questo punto occorre aprire il discorso dell'emigrazione, che è l'altra faccia dello spopolamento. [...] Per la Valle Maira, dati significativi sull'emigrazione temporanea (e talvolta permanente) li abbiamo dalla metà del '700, quando l'Intendente della provincia di Cuneo Nicolis di Brandizzo documenta una presenza diffusa di mestieri dell'emigrazione, e descrive un popolo di ambulanti e di pastori, di pettinatori di canapa e mendicanti, che in

winter travel across the Piedmont plains to return to their home countries in the spring.

*But together a seasonal summer emigration of margari (someone who makes cheese out of goat milk) and shepherds is recorded. This continued throughout the 19th century, heading mainly to neighbouring France. In the meantime, between the 1871 and 1881 censuses, a turning point occurs that is destined to be confirmed and consolidated over the years: emigration from being mainly temporary becomes mainly permanent, from supporting the meagre mountain economy it becomes a factor in depopulation, which will no longer be remedied."*¹⁰

A comparison of different censuses (from 1861 to 1991) [Fig. 2.1] restores the idea of which areas were most affected by depopulation, and it is clear that the municipalities in the upper valley and side valleys suffered the most. Three periods of considerable crisis are identified: between the end of the nineteenth century and World War I, in the twenty-year fascist period, and in the early 1960s.

The Maira valley underwent a great crisis in the last period of the 20th century, and even today one can see the signs of it.

Certainly the damage caused in the two world wars aggravated the situation but probably the cause had other foundations: the state of 'isolation', of an autonomous and closed region, which had so well protected and safeguarded this territory from external interference, had also generated a condition of fossilization with respect to the avant-garde and the phenomena of urbanization and industrialization, which affected the valleys

inverno percorrono la pianura piemontese per tornare nei paesi di origine a primavera.

*Ma insieme è registrata un'emigrazione stagionale estiva di margari e pastori. Una realtà che continua durante tutto il XIX secolo, indirizzandosi soprattutto verso la vicina Francia. Nel frattempo, tra il censimento del 1871 e quello del 1881, si verifica una svolta destinata a confermarsi e a consolidarsi nel corso degli anni: l'emigrazione da prevalentemente temporanea diventa prevalentemente definitiva, da sostegno alla magra economia della montagna diventa fattore di spopolamento, al quale non si porrà più rimedio."*¹⁰

Un confronto tra diversi censimenti (dal 1861 al 1991) [Fig. 2.1] restituisce l'idea di quali aree sono state maggiormente colpite dallo spopolamento e si intuisce con chiarezza che i più penalizzati sono stati i comuni dell'alta valle e i valloni laterali. Si identificano tre periodi di crisi considerevoli: tra la fine dell'Ottocento e la Prima guerra mondiale, nel ventennio fascista, all'inizio degli anni Sessanta.

La val Maira subì una grande crisi nell'ultimo periodo del XX secolo e ancora oggi se ne leggono i segni.

Sicuramente i danni provocati nei due conflitti mondiali aggravarono la situazione ma probabilmente la causa ha altre fondamenta: lo stato di 'isolamento', di regione autonoma e chiusa, che aveva così ben protetto e salvaguardato questo territorio da ingerenze esterne, aveva anche generato una condizione di fossilizzazione rispetto alle avanguardie e ai fenomeni di urbanizzazione e industrializzazione, che riguardavano le valli

¹⁰ (Mario Cordero; *Milli Chegai, Ibidem*)

POPOLAZIONE RESIDENTE

COMUNI	1861	1871	1881	1901	1911	1921	1931	1936	1951	1961	1971	1981	1991
Acceglio	2.054	2.082	2.069	1.672	1.575	1.617	1.254	1.069	911	658	509	355	238
Canosio	791	760	742	649	666	488	399	331	270	241	162	136	106
Cartignano	973	1.040	892	851	860	897	817	569	440	357	241	204	177
Celle di Macra	1.465	1.521	1.328	1.331	1.448	1.383	1.194	1.006	758	528	216	193	147
Dronero	7.981	8.260	8.098	7.679	7.561	7.602	7.950	6.493	6.615	6.670	7.107	7.124	6.969
Elva	1.276	1.266	1.264	1.319	1.264	1.203	801	692	556	396	252	199	154
Macra	1.004	1.014	1.109	1.048	1.058	992	861	739	582	349	155	107	81
Marmora	1.088	1.026	1.073	902	982	762	645	643	446	353	211	173	140
Prazzo	1.860	1.911	2.053	2.001	1.940	1.561	1.275	1.154	1.029	787	516	360	280
Roccabruna	3.174	3.386	3.457	3.633	3.060	3.011	2.370	1.919	1.865	1.506	1.208	1.177	124
S.Damiano Macra	3.740	3.829	3.854	3.825	3.795	3.822	3.208	2.469	2.149	1.524	1.017	690	1.207
Stroppio	1.739	1.823	1.742	1.584	1.335	1.270	982	755	635	462	262	186	1.308
Villar S. Costanzo	2.485	2.561	2.588	2.431	2.554	2.501	2.152	2.132	1.910	1.641	1.451	897	548

FIG. 2.1 - *M. Cordero; M. Chegai, Censimento della popolazione nei diversi comuni della Val Maira. Valle Maira, Cuneo, aggiornato al 1996.*

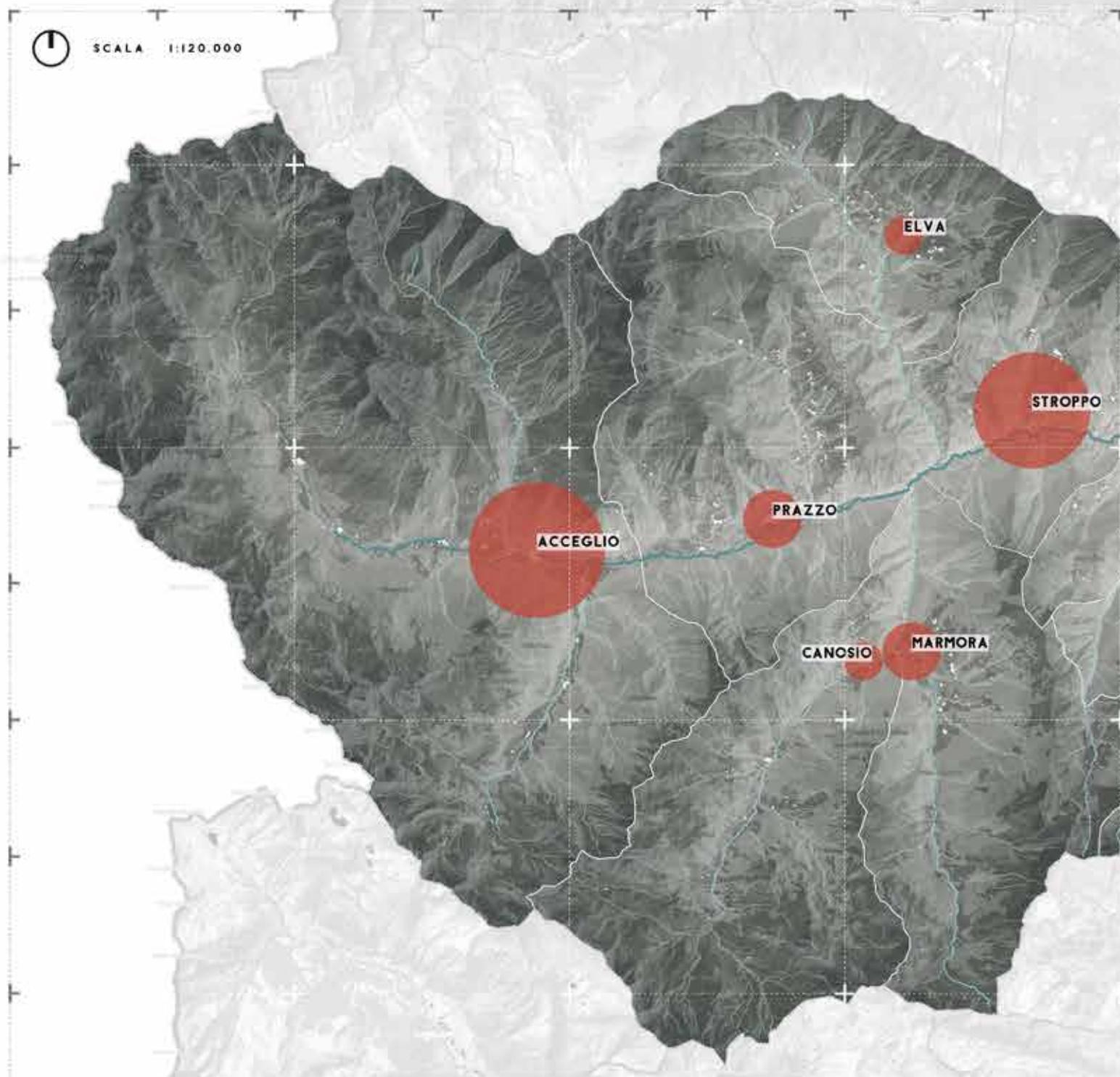
neighbouring and territories beyond the alps, and which were becoming the new patterns of life, inevitably generating constant emigration.

The following pages offer representations, derived from the data illustrated in the censuses mentioned above, that graphically express the report of decrease in population, in the three significantly critical and incisive periods that marked a change of trend.

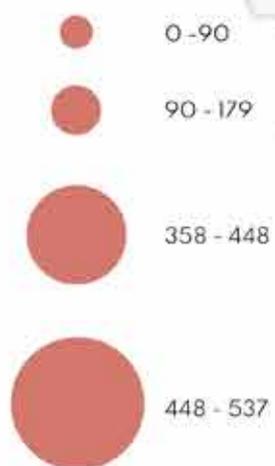
confinanti e i territori d'oltralpe, e che stavano diventando i nuovi modelli di vita, generando inevitabilmente una costante emigrazione.

Nelle seguenti pagine vengono proposte delle rappresentazioni, ricavate a partire dai dati illustrati nei censimenti di cui sopra, che esprimono graficamente il riscontro dei decrementi della popolazione, nei tre periodi significativamente critici e incisivi e che hanno segnato un cambio di tendenza.

SCALA 1:120.000



DECREMENTO 1881 - 1911



AUMENTO 1881 - 1911



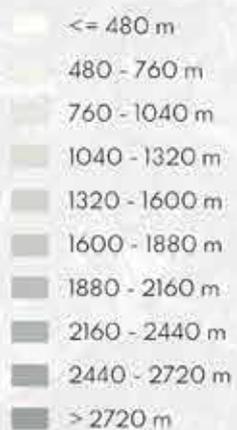
INFRASTRUTTURE

Edificato

RETE IDROGRAFICA

— Corso Principale
— Corso Secondario
— Corso Minore
— Affluenti

ALTIMETRIA VALLI



0 3 6 9 12

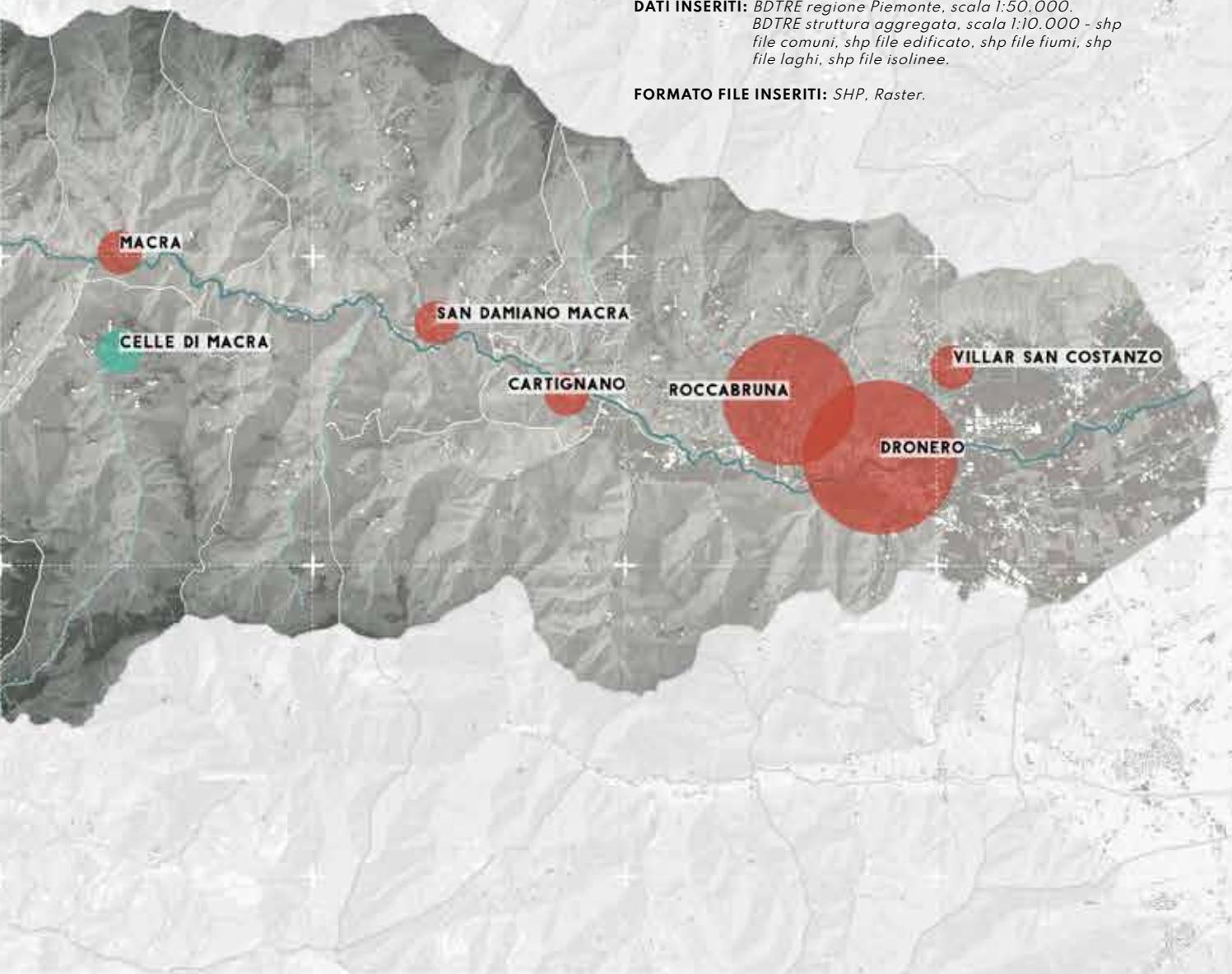
CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR. MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

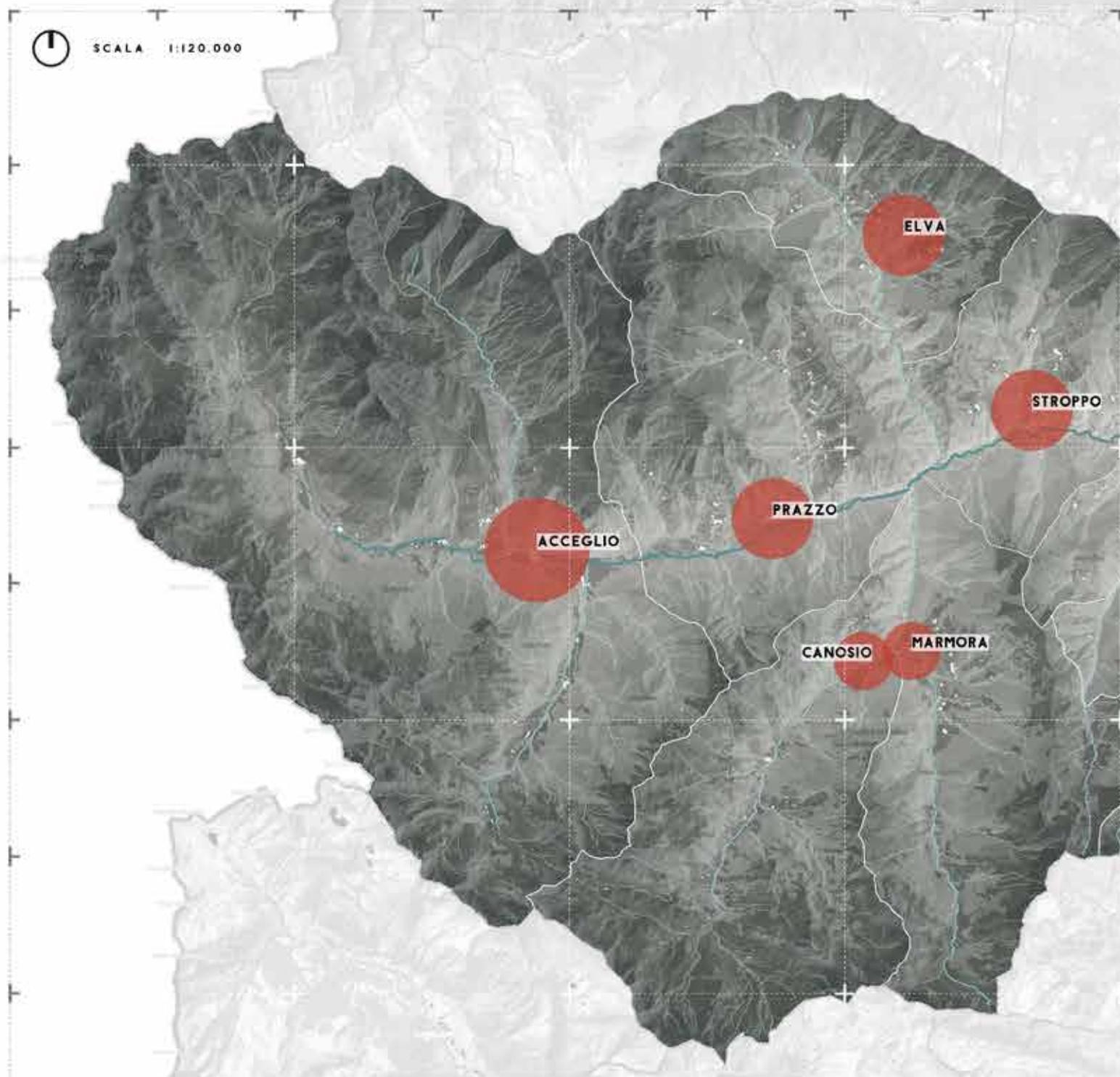
FONTE: Geoportale Piemonte.
"Mario Cordero; Milli Chegai, 1996, Valle Maira, Cuneo"

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp
file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp
file laghi, shp file isolinee.

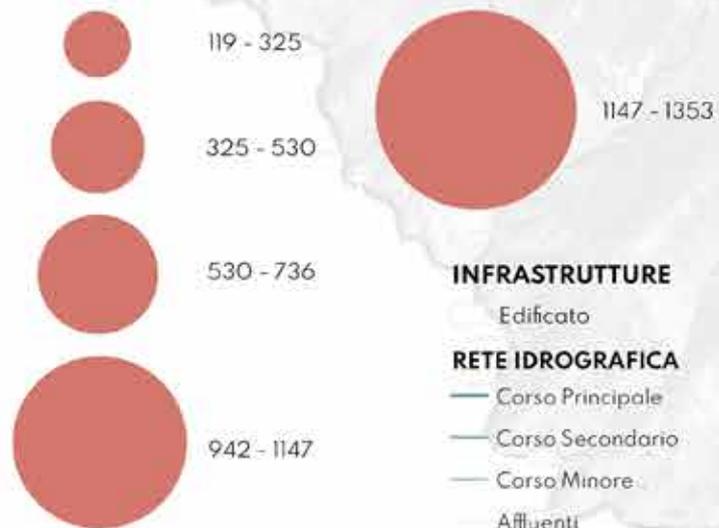
FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.



SCALA 1:120.000



DECREMENTO 1921 - 1936



INFRASTRUTTURE

- Edificato
- RETE IDROGRAFICA**
- Corso Principale
- Corso Secondario
- Corso Minore
- Affluenti

ALTIMETRIA VALLI

- <= 480 m
- 480 - 760 m
- 760 - 1040 m
- 1040 - 1320 m
- 1320 - 1600 m
- 1600 - 1880 m
- 1880 - 2160 m
- 2160 - 2440 m
- 2440 - 2720 m
- > 2720 m

0 3 6 9

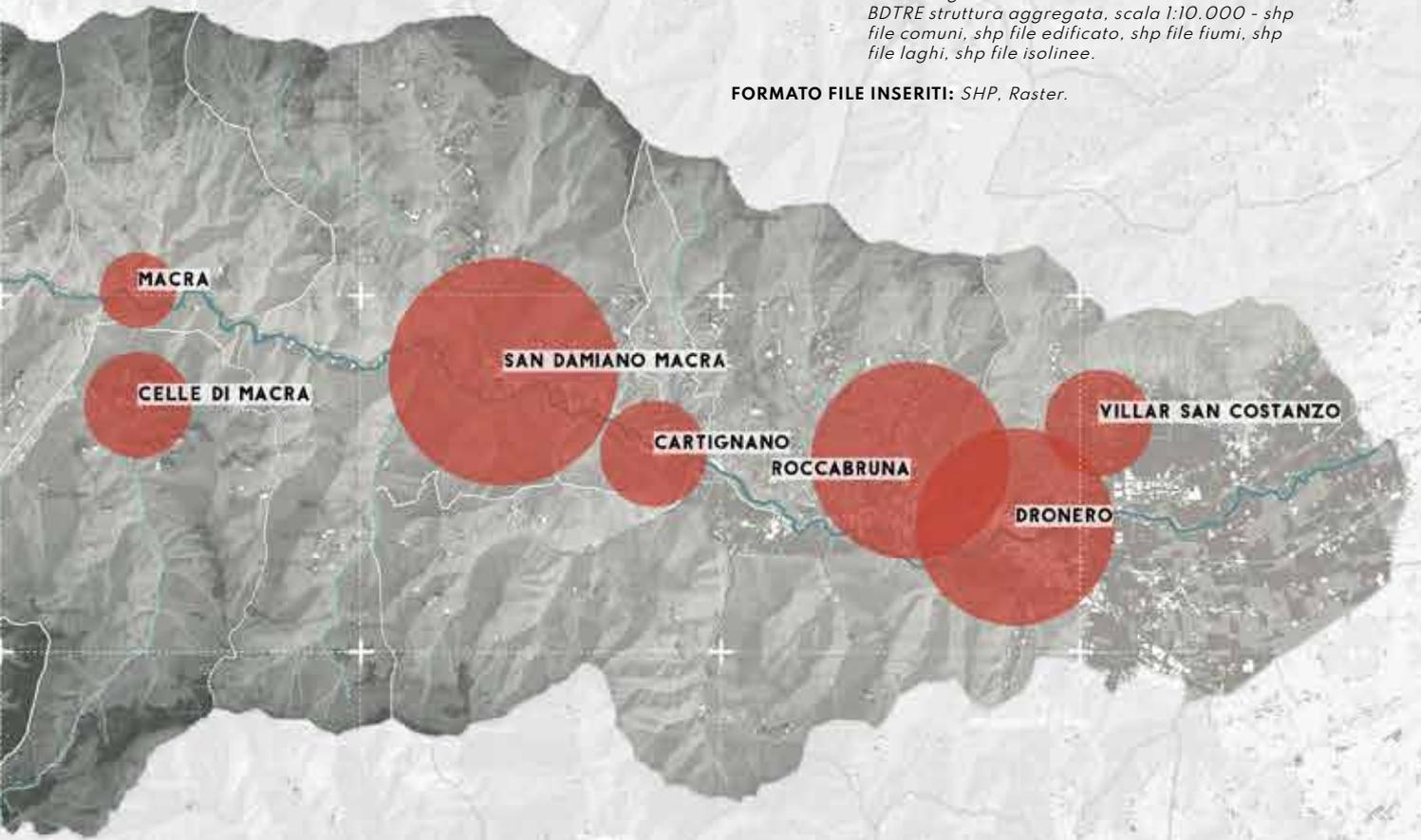
CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA
RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO
SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

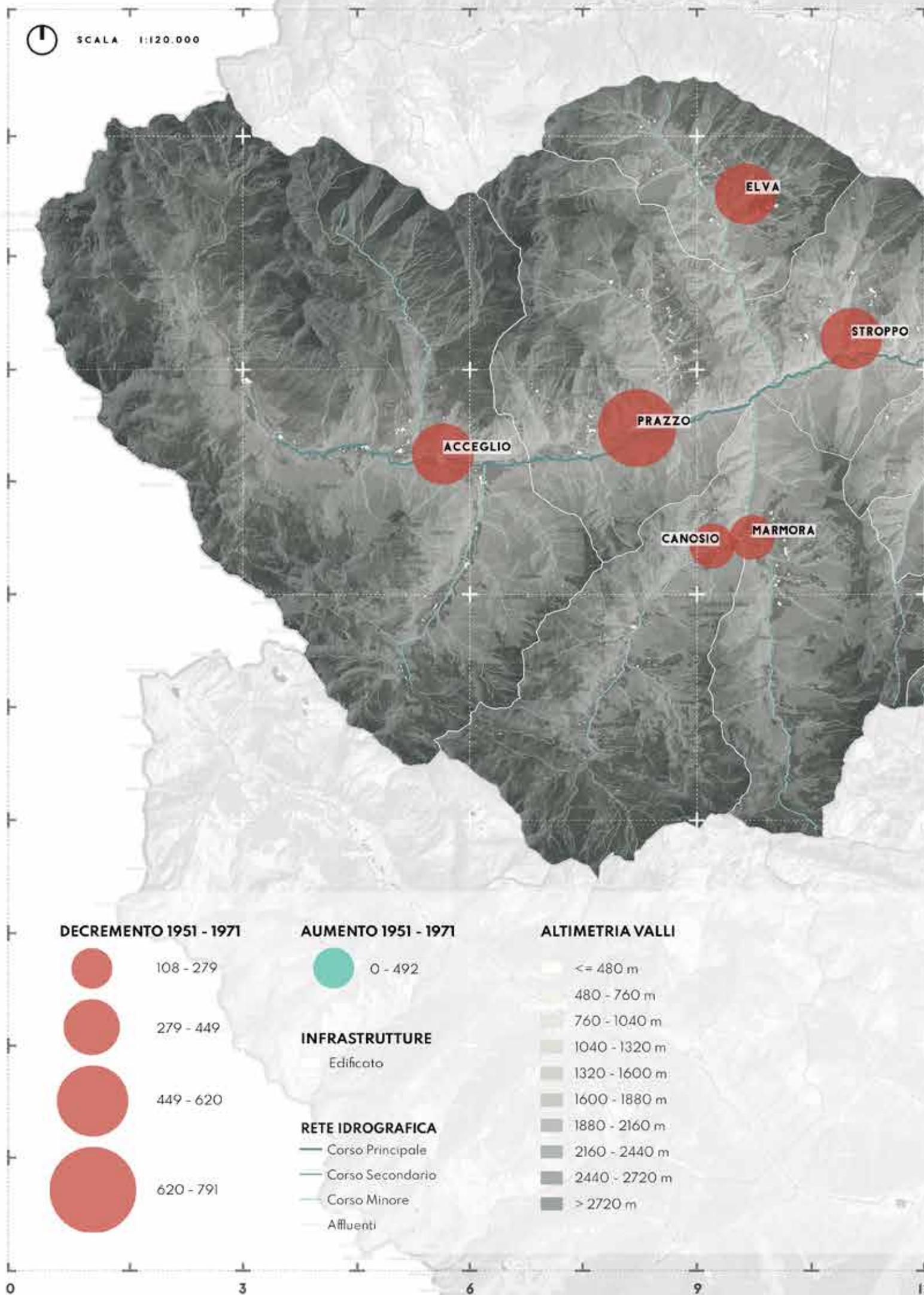
FONTE: Geoportale Piemonte.
"Mario Cordero; Milli Chegai, 1996, Valle Maira, Cuneo"

DATI INSERITI: BDTR regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTR struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp
file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp
file laghi, shp file isolinee.

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.



SCALA 1:120.000



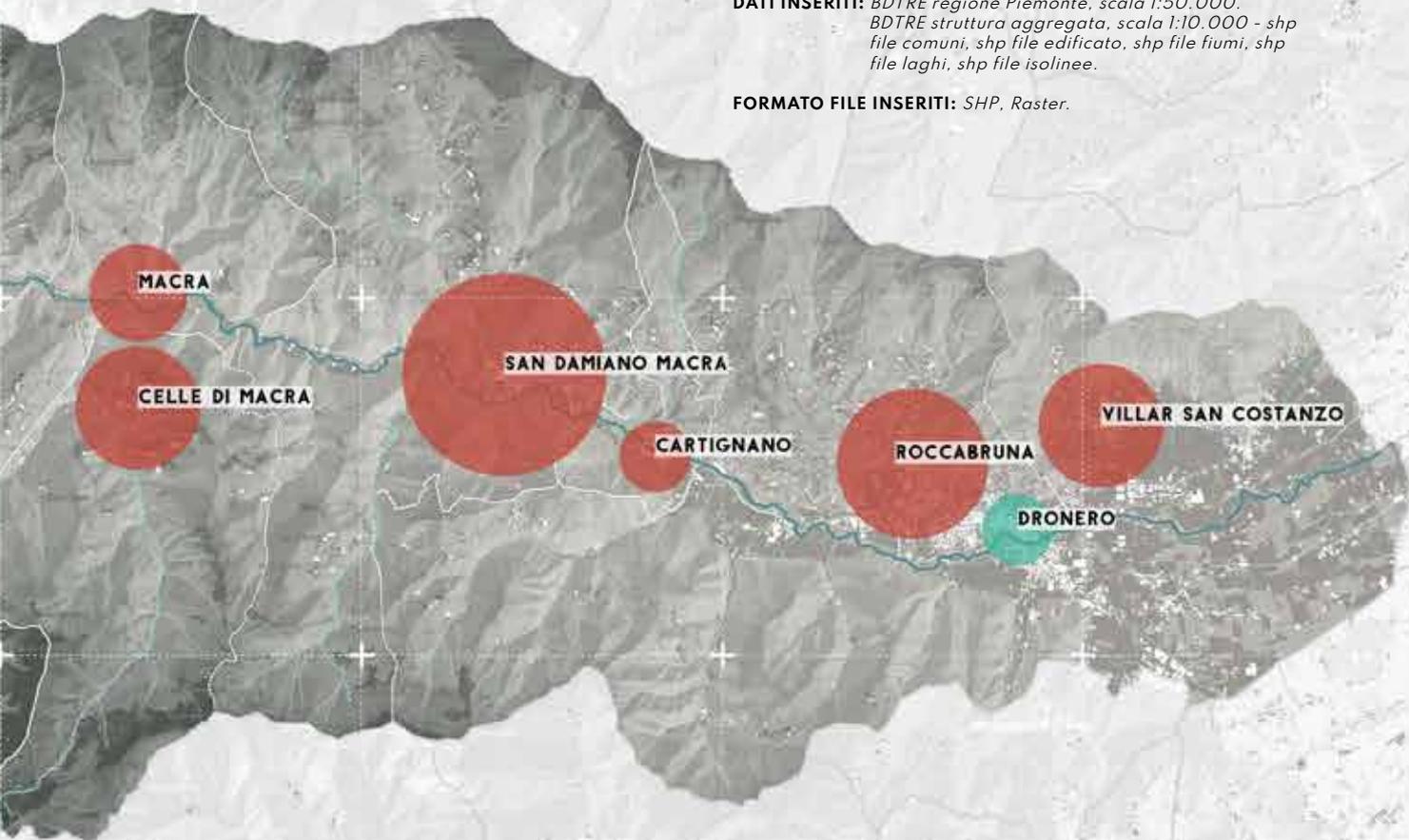
CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR. MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

FONTE: Geoportale Piemonte.
"Mario Cordero; Milli Chegai, 1996, Valle Maira, Cuneo"

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp
file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp
file laghi, shp file isolinee.

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.



2.2 A TERRITORY PROFILE THROUGH HISTORICAL MAPS

The historical cartography relating to the territory of the Maira Valley turns out to be somewhat reduced. The valley's marginal position and a certain autonomy rooted in its history have contributed to its not being central to the kingdom's mapping intentions. Moreover, together with its isolation, the absence of convenient passes with the oltralpe and limited connections to the valley floor have generated an obstacle to surveying the territory. For the valley, neither the so-called Old Savoy Cadastre (1702-1793) nor the Rabbini Cadastre (1855-1870), imposed, by an ordinance to the individual communities, for the measurement and better control of the territory. The municipalities of Elva and Prazzo fulfilled the order much later and, only in 1792 did they manage to conclude the general measurement of the territory, consisting of a categorization by parcels of cultivation, displayed on a map and linked to the 'sommarione' (volume containing information about the owners of the plots of land).

Of the municipalities of Acceglio, Canosio, Marmora, Celle, and San Damiano there are only a few descriptive cadastres (without maps), drawn up between the mid-16th century and the mid-19th century, while of the municipalities of Stroppo, San Michele, Albaretto, Macra, and Alma no cadastre preceding the present one has ever been found. ²

"Under these conditions the history of settlement forms and families in the upper valley remains almost silent, or at most, inferable by hypothetical approximations from a few documents." ³

2.2 PROFILO DEL TERRITORIO ATTRAVERSO LE MAPPE STORICHE

La cartografia storica relativa al territorio della Val Maira risulta in certa misura ridotta. La posizione marginale della valle ed una certa autonomia radicata nella sua storia hanno contribuito a non renderla centrale nei propositi di mappatura del regno. Inoltre, insieme al suo isolamento, l'assenza di valichi comodi con l'oltralpe e i limitati collegamenti con il fondovalle, hanno generato un ostacolo al rilevamento del territorio.¹ Per la valle, non furono eseguiti né il cosiddetto Catasto Antico Sabauda (1702-1793), né il Catasto Rabbini (1855-1870), imposti, da un'ordinanza alle singole comunità, per la misura e il miglior controllo del territorio. I comuni di Elva e Prazzo adempirono all'ordine assai più tardi e, solo nel 1792 riuscirono a concludere la misura generale del territorio, costituita da una categorizzazione per particelle di coltura, visualizzati su mappa e collegati al 'sommarione' (volume contenente le informazioni relative ai proprietari degli appezzamenti di terreno).

Dei comuni di Acceglio, Canosio, Marmora, Celle, San Damiano esistono solo alcuni catasti descrittivi (privi di mappa), redatti tra la metà del XVI secolo e la metà del XIX secolo, mentre dei comuni di Stroppo, San Michele, Albaretto, Macra, Alma non è stato mai rilevato un catasto precedente l'attuale. ²

"In queste condizioni la storia delle forme insediative e delle famiglie nell'alta valle rimane quasi muta, o al più, desumibile per approssimazioni ipotetiche da pochi documenti." ³

¹ (Pietro Tarozzo, 2020, *Dimenticata: Genesi e oblio della strada dei Cannoni in Val Maira, Processo conoscitivo tra fonti storiche, cartografia integrata da strumenti Gis e fotogrammetria speditiva [Tesi di laurea magistrale]. Torino: Politecnico di Torino*)

² (Claudia Bonardi, 2009, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese, La Valle Maira (Valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera), Mondovi*)

³ (Claudia Bonardi, *Ivi*, pp. 96)

What we are left with is only a scarce selection of elementary documents and drawings that partially describe the geography and features of the valley, but although the modest traces give us a very vague idea of the situation of the territory on a large scale, we can certainly refer to other resources.

Knowledge of the Alpine area had already been undertaken prior to Savoyan intervention: several partial maps had been drawn by military engineers since the beginning of the 17th century, while, the contribution of the engineer Borgogno was the large map of Piedmont, published in 1680, despite the fact that it involved large-scale trigonometric measurements and polar coordinates.⁴

Among the topographical engineers, the work of Giovanni Battista Sottis, to whom we owe the surveys of the Maira Valley for the ***Carta della parte occidentale del Piemonte***⁵ in 11 sheets, made in the years 1745-1757, should certainly be mentioned.

Through a selection and reasoned comparison of the different maps of Piedmont, made since the 18th century, the aim is to show what evolutionary dynamics were involved, how this territory and its boundaries changed in relation to other states, and how the evolution in representation and surveying techniques affected the understanding of morphological features and highlighted peculiarities.

Quello che ci resta è solo una scarsa selezione di documenti e iconografie che descrivono parzialmente la geografia e i caratteri della valle, ma, sebbene le modeste tracce ci restituiscano un'idea assai vaga della situazione del territorio su grande scala, possiamo sicuramente fare riferimento ad altre risorse.

La conoscenza dell'area alpina era stata già intrapresa prima dell'intervento sabauda: diverse mappe parziali era state disegnate dagli ingegneri militari fin dall'inizio del XVII secolo, mentre, merito dell'ingegnere Borgogno era la grande mappa del Piemonte, pubblicata nel 1680, nonostante si trattasse di misurazioni trigonometriche e coordinate polari su larga scala.⁴

Tra gli ingegneri topografi va sicuramente menzionato il lavoro di Giovanni Battista Sottis a cui si devono le rilevazioni della Val Maira per la ***Carta della parte occidentale del Piemonte***⁵ in 11 fogli, eseguita negli anni 1745-1757.

Tramite una selezione e un confronto ragionato delle diverse carte del Piemonte, realizzate a partire dal XVIII secolo, si vuole mostrare quali siano state le dinamiche evolutive implicate, come questo territorio e i suoi confini siano mutati in rapporto con gli altri stati e come l'evoluzione nella rappresentazione e nelle tecniche di rilievo abbiano influito sulla comprensione dei caratteri morfologici e messo in luce le peculiarità.

⁴(Claudia Bonardi, *Ibidem*)

⁵(*Carta topografica della parte occidentale del Piemonte dalle frontiere del Contado di Nizza sino alla Valle di Lucerna e da Cuneo e Saluzzo sino alle frontiere di Francia*)

Among the maps produced in the 18th century, Borgonio's 1683 **Chorographic Map of the States of S.M.** ⁶, augmented and corrected in 1772, by the court topographers and engraved by Jacopo Stagnone, is probably one of the first that begins to provide a clear idea of the territorial dynamics and changes that affected that century. The newly acquired territories and new boundaries resulting from the successive conquests from 1713 to the 1860s are depicted. A detailed scale allows for the identification, by means of appropriate symbols and graphics, of even the smaller settlements, previously omitted, and the connections with neighbouring valleys and France. Landscape and territorial components are symbolically represented, including toponymy related to passes and waterways.

The **Topographical map of a part of the Stura, Grana, Macra, Blino, Varajita and Po' Valleys** ⁸, produced in 1743, is interesting, in which greater attention is paid to the drawing of settlements, such that their size and structure are hinted. We can see a further evolution in the restitution of the infrastructure system, classified respectively into practical roads on Horseback and walkable roads.

A qualitative leap, in terms of attention to detail and meticulous representation, faithful to reality, comes with the **Topographical Map of the Western Part of Piedmont from the borders of the Contado di Nizza to the Lucerne Valley and from Cuneo and Saluzzo to the borders of France**, made between 1745 and 1757 in 11 sheets,

Tra le carte prodotte nel XVIII secolo, la **Carta corografica degli Stati di S.M.** ⁶ del Borgonio del 1683, accresciuta e corretta nel 1772, dagli ingegneri topografi di corte e incisa da Jacopo Stagnone, è probabilmente una tra le prime che inizia a fornire un'idea chiara delle dinamiche e delle mutazioni territoriali che riguardarono quel secolo. Vengono rappresentati i nuovi territori acquisiti ed i nuovi confini derivanti dalle conquiste succedute dal 1713 agli anni Sessanta del XVIII secolo. ⁷

Unascala dettagliata permette l'individuazione, tramite opportuni simboli e grafie, anche dei minori centri abitati, precedentemente omessi, e dei collegamenti con le valli confinanti e con la Francia. Vengono rappresentate, simbolicamente, le componenti paesaggistiche e territoriali, includendo anche la toponomastica relativa ai valichi e ai corsi d'acqua.

Interessante risulta essere la **Carta topografica d'una parte delle Valli di Stura, Grana, Macra, Blino, Varajita e Po'** ⁸, prodotta nel 1743, nella quale viene posta una maggiore attenzione nel disegno degli insediamenti, tale da far intuire la loro dimensione e struttura. Possiamo notare un'ulteriore evoluzione nella restituzione del sistema di infrastrutture, classificato rispettivamente in strade praticabili a Cavallo e strade percorribili a piedi.

Un salto di qualità, in termini di attenzione ai dettagli e rappresentazione minuziosa, fedele alla realtà, si ha con la **Carta topografica della parte occidentale del Piemonte dalle frontiere del Contado di Nizza sino alla Valle di Lucerna e da Cuneo e Saluzzo sino alle frontiere di Francia**, realizzata tra il 1745 e il 1757 in 11 fogli,

⁶ (Carta corografica degli Stati di S.M. il Re di Sardegna data in luce dall'Ingegnere Borgonio nel 1683 corretta ed accresciuta nell'anno 1772)

⁷ (Pietro Tarozzo, *Ivi*, pp. 41)

⁸ (Carta topografica d'una parte delle Valli di Stura, Grana, Macra, Blino, Varajitae e Po' unitamente alli trinceramenti stati fatti in esse valli come pure gli attacchi stati fatti in detta Valle di Varajita dalle truppe Gallispane contro le truppe di S.M. nelli giorni 6. 7. e 8. del mese di ottobre 1743)

by Domenico Carello, Giovanni Giacomo Cantù and Giovanni Battista Sottis.

Credited to the latter are the surveys for the Maira Valley, which, with extreme accuracy, he reported on paper: “not only did he carefully complied with the prescriptions he received, depicting, with the utmost clarity of symbols, orography, road and river network, military installations [...] but also left precise indications, at an almost cadastral level, of settlements, wooded and cultivated areas, to the point that in many cases he makes it possible to identify individual buildings, in proportional shapes and geometries, if not really to scale, and to understand what resources the inhabitants could count on.”⁹

Further success in representational techniques, is achieved with the Topographical Map of the States in the Mainland of HM the King of Sardinia - Work of the Royal Corps of the General Staff, made between 1852 and 1862, where all road connections (military, civil, carriageable), the location of minor settlements (even small hamlets) are accurately drawn, but greater importance is given to the figuration of passes and military garrisons, useful for strategic purposes.¹⁰

2.2.1 FILING SOME EXAMPLES OF ICONOGRAPHIC AND MAPPING SOURCES

A summary filing of the historical cartography consulted is proposed here.

For better reading and comprehension, the contents have been organized in a double-page structure, where there are respectively, the full sheet of the map with related information and an fragment of it on the Maira Valley, on which, where possible, the territory of Canosio has been identified.

⁹ (Claudia Bonardi, *Ibidem*)

¹⁰ (Pietro Tarozzo, *Ivi*, pp. 43)

,ad opera di Domenico Carello, Giovanni Giacomo Cantù e Giovan Battista Sottis.

Merito di quest'ultimo sono le rilevazioni per la Val Maira, che, con estrema accuratezza, riporta su carta: egli “*non solo ottemperò con cura alle prescrizioni ricevute, raffigurando, con la massima chiarezza di simboli, orografia, rete stradale e fluviale, installazioni militari [...] ma lasciò anche precise indicazioni, a livello quasi catastale, degli insediamenti, delle aree boschive e coltivate, al punto che in molti casi rende possibile individuare singoli edifici, in forme e geometrie proporzionali, se non realmente in scala, e comprendere su quali risorse gli abitanti potessero contare.*”⁹

Un'ulteriore successo nelle tecniche di rappresentazione, viene raggiunto con la **Carta Topografica degli Stati in Terraferma di S.M. il Re di Sardegna - Opera del Corpo Reale dello Stato Maggiore**, realizzata tra il 1852 e il 1862, dove vengono disegnati accuratamente tutti i collegamenti viari (militari, civili, carrozzabili), l'ubicazione dei centri abitati minori (anche le piccole borgate), ma si presta una maggiore importanza nella figurazione dei valichi e dei presidi militari, utili per fini strategici.¹⁰

2.2.1 ARCHIVIAZIONE DI ALCUNI ESEMPI DI FONTI ICONOGRAFICHE E CARTOGRAFICHE

Viene qui proposta una schedatura sintetica della cartografia storica consultata.

Per una migliore lettura e comprensione sono stati organizzati i contenuti in una struttura con doppia pagina, dove sono presenti rispettivamente, il foglio intero della carta con le relative informazioni e un suo stralcio sulla Val Maira, sul quale, dove possibile, è stato individuato il territorio di Canosio.

1. Chorographic map of the States of H.M. the King of Sardinia given by Engineer Borgonio in 1683 corrected and augmented in the year 1772

Cuneo, part of the Monregalese, the county of Nice.

Author: *Giovanni Tomaso Borgonio; Vittorio Boasso e topografi del Regio Ufficio Topografico*

Engravers: Giovanni Maria Belgrano, Jacopo Stagnone

Date: 1772

Technique: Bulino e acquaforte

Dimension: 48,8 x 61,4 cm (bordo compreso)

Scale: 15 miglia comuni d'Italia = 12,9 cm ca; 10 miglia di Piemonte = 12,9 cm ca; 6 leghe comuni di Francia = 12,4 cm

Scale according to current parameters: 1:190.000 ca

Orientation: nord in alto

Location: *ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Piemonte, portafoglio 23, tav. 14*

1. Carta corografica degli Stati di S.M. il Re di Sardegna data in luce dall'Ingegnere Borgonio nel 1683 corretta ed accresciuta nell'anno 1772

Il Cuneese, parte del Monregalese, il contado di Nizza.

Autori: *Giovanni Tomaso Borgonio; Vittorio Boasso e topografi del Regio Ufficio Topografico*

Incisori: Giovanni Maria Belgrano, Jacopo Stagnone

Data: 1772

Tecnica: Bulino e acquaforte

Dimensione: 48,8 x 61,4 cm (bordo compreso)

Scala: 15 miglia comuni d'Italia = 12,9 cm ca; 10 miglia di Piemonte = 12,9 cm ca; 6 leghe comuni di Francia = 12,4 cm

Scala secondo i parametri attuali: 1:190.000 ca

Orientamento: nord in alto

Collocazione: *ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Piemonte, portafoglio 23, tav. 14*





2. (Reduction of) Topographical map of a part of the Valleys of Stura, Grana, Macra, Blino, Varaijtae and Po' together with the entrenchments made in these valleys as well as the attacks made in the said Valley of Varaijta by the Gallispan troops against the troops of H.M. on the 6th. 7th. and 8th. days of October 1743

Author: s.n.

Date: 1743

Scale: Scala di Trabucchi 2000

Orientation: nord a destra, indicato con rosa dei venti

Location: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche segrete, Stura I3 A V Rosso, mazzo I.

2. (Riduzione della) Carta topografica d'una parte delle Valli di Stura, Grana, Macra, Blino, Varaijtae e Po' unitamente alli trinceramenti stati fatti in esse valli come pure gli attacchi stati fatti in detta Valle di Varaijta dalle truppe Gallispane contro le truppe di S.M. nelli giorni 6. 7. e 8. del mese di ottobre 1743

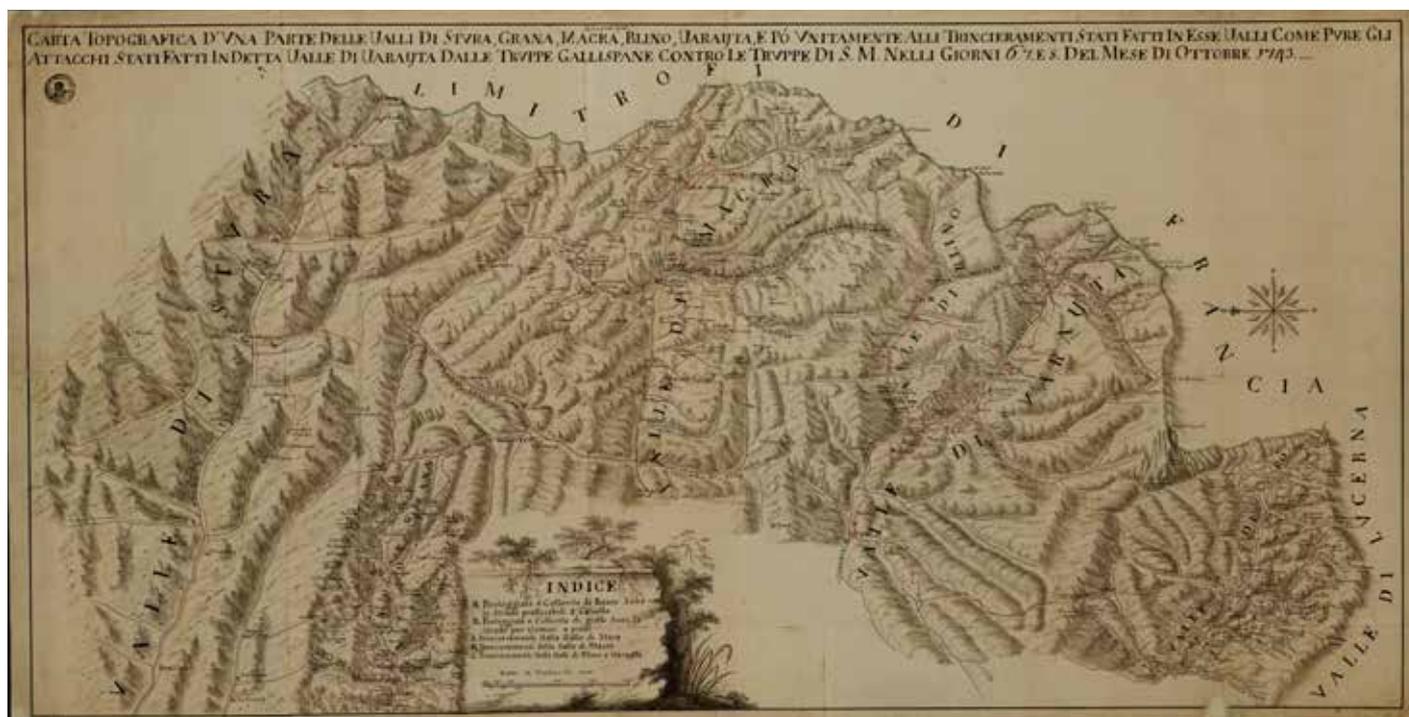
Autori: s.n.

Data: 1743

Scala: Scala di Trabucchi 2000

Orientamento: nord a destra, indicato con rosa dei venti

Collocazione: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche segrete, Stura I3 A V Rosso, mazzo I.



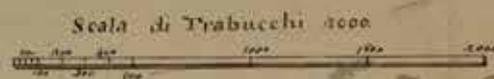
LE UALLI DI STVRA, GRANA, MACRA, BLINO, UARAJTA, E PÓ VNITA
 I UARAJTA DALLE TRUPPE GALLISPANE CONTRO LE TRUPPE DI S

L I M I T R O F I



INDICE

Il Ponteggiato e Collorito di Rosso Sono le Strade praticabili a Cavallo
 Il Ponteggiato e Collorito di giallo Sono le Strade per Uomini a piedi
 A. Trinceramenti Nella Valle di Stura
 B. Trinceramenti Nella Valle di Macra
 C. Trinceramenti Nelle Valli di Blino e Uarajta



3. Figurative map of the valleys of Altire. Granne, Maira and Varaive with all the dependencies.

Author: s.n.

Date: 1744

Scale: n.i.

Orientation: nord a destra

Location: s.n.

3. Carte figurative des vallées D'Altire. Granne, Maire et Varaive avec toutes les dependances.

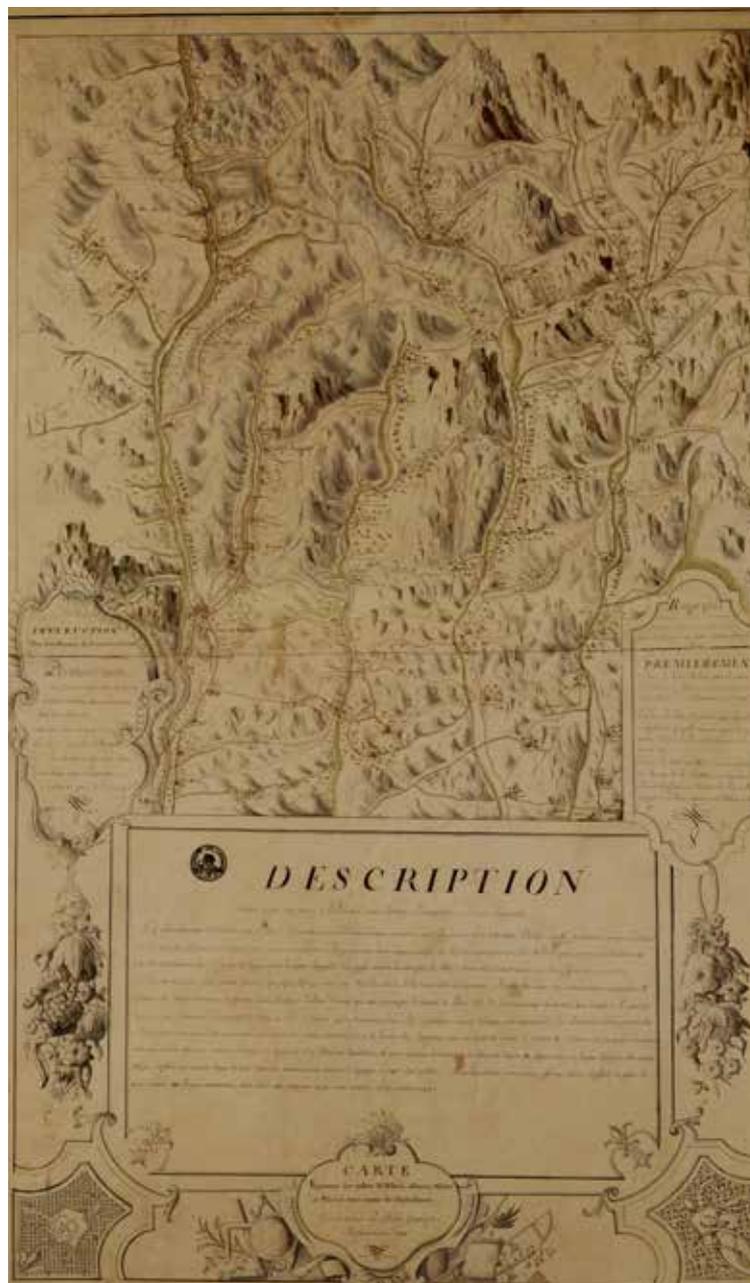
Autori: s.n.

Data: 1744

Scala: n.i.

Orientamento: nord a destra

Collocazione: s.n.





Riv
PREMI
Cours de l'eau
Lignes de crête
Cours de l'eau
Lignes de crête



4. Topographic map of the western part of Piedmont from the borders of the Contado di Nizza to the Lucerne Valley and from Cuneo and Saluzzo to the borders of France

Topographical Map of the Western Part of Piedmont - Part 3

Topographical Map of part of the Po Valley, of the Varaita Valley from Torrette to Costigliole and part of the Maira Valley, also finding the Maurin and Monge hills on the borders of France

Author: *Rilevazioni di Giovanni Cantù per la Valle Po, di Domenico Carello per la Valle Varaita e di Giovanni Battista Sottis per la Valle Maira.*

Date: 1745-1757

Technique: Disegno a inchiostro ed acquerello a varie tonalità

Dimensions: 378 x 115,8 cm

Scale: 500 trabucchi = 16,1 cm

Orientation: nord a destra indicato da freccia

Location: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Piemonte, 20, 8.

4. Carta topografica della parte occidentale del Piemonte dalle frontiere del Contado di Nizza sino alla Valle di Lucerna e da Cuneo e Saluzzo sino alle frontiere di Francia

Carta topografica della parte occidentale del Piemonte - Parte 3

Carta Topografica d'una parte della Valle di Po, di quella di Varaita dalle Torrette sino a Costigliole e di parte di quella di Maira, ritrovansi anche i colli di Maurin e delle Monge sui confini della Francia

Autori: *Rilevazioni di Giovanni Cantù per la Valle Po, di Domenico Carello per la Valle Varaita e di Giovanni Battista Sottis per la Valle Maira.*

Data: 1745-1757

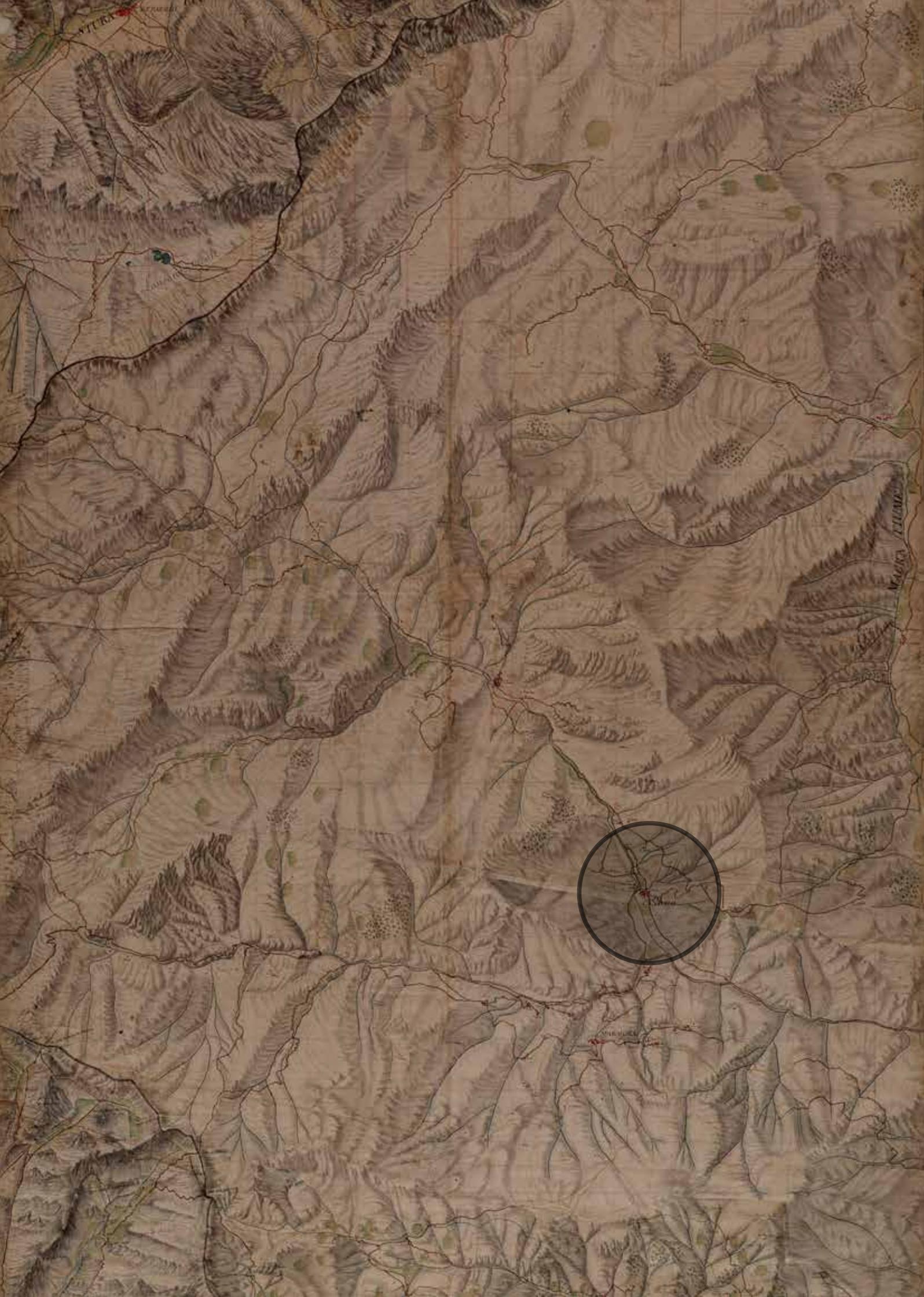
Tecnica: Disegno a inchiostro ed acquerello a varie tonalità

Dimensione: 378 x 115,8 cm

Scala: 500 trabucchi = 16,1 cm

Orientamento: nord a destra indicato da freccia

Collocazione: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Piemonte, 20, 8.



5. Topographic map extracted from the originals of the Regia Topography containing the valleys of Piedmont, the county of Nice and the Riviera di Ponente with a part of the Dauphine Province

Author: *Regio Ufficio Topografico (probabilmente Domenico Chiapasco e Giovan Battista Sottis)*

Date: 1762 ca

Technique: Disegno a inchiostro ed acquerello

Dimensions: 212 x 120 cm ca

Scale: 3000 tese = 8,7 cm; 3000 trabucchi = 9,5 cm

Orientation: nord in alto, indicato con rosa dei venti

Location: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche segrete, A 19 Nero.

5. Carta topografica estratta dagli originali della Regia Topografia contenente le valli di Piemonte, contado di Nizza e riviera di Ponente con una parte del Delfinato e Provenza

Autori: *Regio Ufficio Topografico (probabilmente Domenico Chiapasco e Giovan Battista Sottis)*

Data: 1762 ca

Tecnica: Disegno a inchiostro ed acquerello

Dimensione: 212 x 120 cm ca

Scala: 3000 tese = 8,7 cm; 3000 trabucchi = 9,5 cm

Orientamento: nord in alto, indicato con rosa dei venti

Collocazione: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche segrete, A 19 Nero.





6. Topographical Map of the States in the Mainland of H.M. the King of Sardinia at the scale of 1 to 50,000 Work of the Royal Corps of the General Staff

Author: *Corpo Reale dello Stato Maggiore; Richetti (sotto la direzione di), J. Etienne-Gayet, Modotti.*

Engravers: Biasioli

Date: 1852-1862

Dimensions: 55 x 73,5 cm

Scale: 1:50.000

Orientation: nord in alto

Location: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche segrete, Gran Carta degli Stati Sardi in Terraferma, B 5 bis nero, foglio n. LXIII "Sampeyre".

6. Carta Topografica degli Stati in Terraferma di S.M. il Re di Sardegna alla scala di 1 a 50.000 Opera del Corpo Reale dello Stato Maggiore

Autori: *Corpo Reale dello Stato Maggiore; Richetti (sotto la direzione di), J. Etienne-Gayet, Modotti.*

Incisore: Biasioli

Data: 1852-1862

Dimensione: 55 x 73,5 cm

Scala: 1:50.000

Orientamento: nord in alto

Collocazione: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche segrete, Gran Carta degli Stati Sardi in Terraferma, B 5 bis nero, foglio n. LXIII "Sampeyre".





7. Carta Dimostrativa della Valle di Stura dal colle della Madalena si stende sino al forte di Demonte con i trinceramenti lungo della Valle

Autori: *s.n.*

Data: s.d.

Dimensione: 94,5 x 45,5 cm

Scala: n.i.

Orientamento: nord a destra

Collocazione: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Stura, mazzo 3.

7. Demonstrative map of the Stura Valley from the Madalena pass stretches to the fort of Demonte with the entrenchments along the Valley

Author: *s.n.*

Date: s.d.

Dimensions: 94,5 x 45,5 cm

Scale: n.i.

Orientation: nord a destra

Location: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Stura, mazzo 3.





- A. Tunnamento alla Salsola
- B. Tunnamento alla Savone
- C. Tunnamento stramato per il Rio
- D. Tunnamento di la montagna Agnola
- E. Ponte che si fa Capone e la montagna Agnola
- F. Tunnamento di la montagna alla valle Agnola alla Casera
- G. Tunnamento nell'Alto della Barriere
- H. Tunnamento di la Salsola inferiore
- I. Ponte e Tunnamento di la Salsola sopra l'Agne

8. Demonstrative Type Of The Stura, Grana, Maira And Varajta Valleys.

Author: *s.n.*

Date: s.d.

Dimensions: 88 x 54,5 cm

Scale: n.i.

Orientation: nord a destra

Location: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni,
Carte topografiche per A e B, Stura, mazzo 4.

8. Tipo Dimostrativo Delle Valli Stura, Grana, Maira e Varajta

Autori: *s.n.*

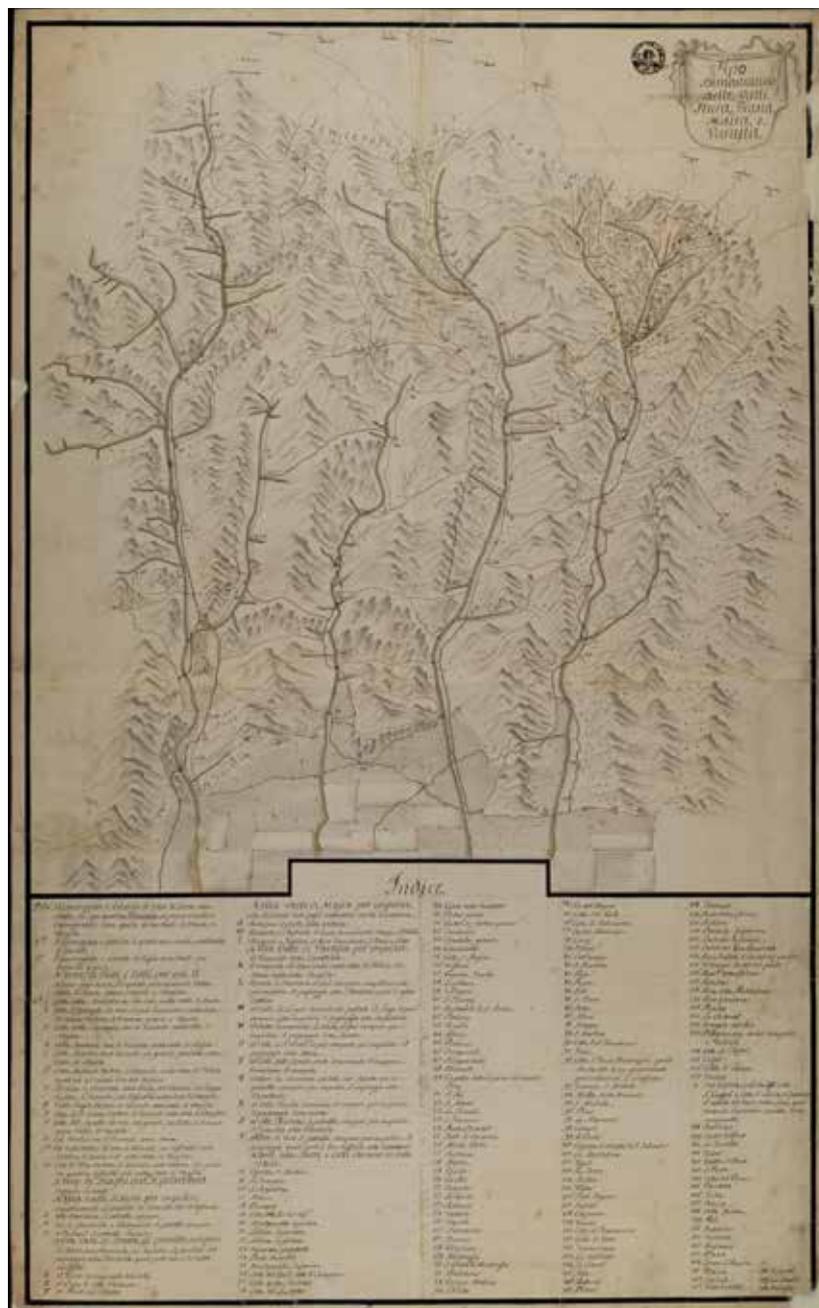
Data: s.d.

Dimensione: 88 x 54,5 cm

Scala: n.i.

Orientamento: nord a destra

Collocazione: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni,
Carte topografiche per A e B, Stura, mazzo 4.



2.3 RURAL ARCHITECTURE IN VAL MAIRA

The territory of the Maira Valley is particularly interesting because it is one of the few where ancient traditions and forms of culture have been best preserved to the present day, unaltered and protected from the difficulties of communication and the slow pace of economic development, where “it is still possible to find original and primitive architectural forms and in part to follow their evolution over time.”¹

“All the buildings in the mountain valleys were built by hand or with very primitive construction techniques (ropes, hand winches, poles used as levers, wooden pulleys). Building in the high valleys thus remains the most authentic document of an archaic era. But here, in the Maira valley, the building landscape (ideational and constructive) stands out for its decisiveness and power. Here the use of the portico on tall cylindrical columns arouses some surprise, and the “house-village” that has never, elsewhere, been detected, arouses wonder. But just as recurrences denounce similarities of commissions and spatial or distributive (i.e., living) needs, so do inventions denounce unique settlement particularities, though now unknown, gone and dead forever.”²

A substantial difference with the valleys further south and a feature that certainly sets it apart is the lack of

2.3 L'ARCHITETTURA RURALE DELLA VALLE MAIRA

Il territorio della Val Maira è particolarmente interessante poiché è uno dei pochi dove antiche tradizioni e forme di cultura si sono meglio conservate fino ai giorni nostri, inalterate e protette dalle difficoltà di comunicazione e dalla lentezza dello sviluppo economico, dove “è ancora possibile trovare forme architettoniche originarie e primitive ed in parte seguirne l'evoluzione nel corso del tempo”.¹

“Tutti gli edifici delle valli montane furono costruiti a forza di braccia o con tecniche costruttive molto primitive (corde, argani a mano, pali usati come leve, carrucole di legno). L'edilizia delle alte valli resta quindi il documento più autentico di un'epoca arcaica. Ma qui, in valle Maira, il paesaggio edilizio (ideativo e costruttivo) si distingue per decisione e potenza. Qui desta una certa sorpresa l'uso del portico su alte colonne cilindriche e desta meraviglia la “casa-villaggio” che mai, altrove, è stata rilevata. Ma come le ricorrenze denunciano analogie di committenze e di necessità spaziali o distributive (e cioè abitative), così le invenzioni denunciano particolarità insediative uniche, anche se ora sconosciute, sparite e morte per sempre.”²

Una sostanziale differenza con le valli più a sud e una caratteristica che sicuramente la contraddistingue è data dalla mancanza di

¹ (Luigi Massimo, 1993, *L'architettura della Val Maira*)

² (Claudia Bonardi, 2009, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese, La Valle Maira (Valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera), Mondovi*)

construction techniques and buildings that are “miserable”³ that is, adopting sustainable construction solutions, arranging buildings by employing the narrow material available in nature.

The architecture of the Valley is distinguished above all by the variety of building types and modes of construction. Coexisting rural houses, also very common in other valleys, juxtaposed with stately homes, churches and public buildings with forms and types derived from nature and raised in courtly, stately cultural circles.

*“Coexistence of the current working of local stone (manageable pieces and horizontal courses) the traditional use of wood (roofs, floors) and closed and imported building systems: the blockbau system (walls made entirely of logs, interlocking) the colombage system (walls framed by wooden joists) and the fifteenth-century stately home with a ribbed facade. [...] No other valley in the Cuneo region has a similar mixture and variety of buildings.”*⁴

The Maira valley is an area characterized by the presence of heterogeneous building, probably formed in different historical periods, where we find the juxtaposition of native buildings and others of different origins: “[...] it has undergone a series of cultural influences that over millennia have come to it through the Celto-Ligurian populations, the Roman conquest and the Germanic invasions of the early Middle Ages. Between 1200 and the late 1500s this valley then had the advantage of enjoying considerable economic and artistic development under the mild instruction of the Marquisate of Saluzzo.

tecniche costruttive ed edifici “*miserevoli*”³ ovvero che adottano soluzioni costruttive sostenibili, arrangiando delle costruzioni impiegando lo stretto materiale disponibile in natura.

L'architettura della Valle si distingue soprattutto per la varietà di tipi edilizi e modi di costruire. Coesistono case rurali, molto comuni anche nelle altre valli, accostate a case signorili, chiese ed edifici pubblici con forme e tipologie derivate dalla natura e cresciute in ambiti culturali aulici, signorili.

*“Coesistono la lavorazione corrente della pietra locale (pezzature maneggevoli e corsi orizzontali) l'uso tradizionale del legno (tetti, solai) e sistemi edilizi chiusi e importati: il sistema a blockbau (muri interamente in tronchi, ad incastro) il sistema a colombage (pareti intelaiate da travetti di legno) e la casa signorile quattrocentesca con facciata a vela. [...] Nessun'altra valle del Cuneese ha una commistione e una varietà edilizia simile.”*⁴

La valle Maira è un territorio caratterizzato dalla presenza di un'edilizia eterogenea, formata in epoche storiche differenti, dove riscontriamo l'accostarsi di costruzioni autoctone e altre di diversa provenienza: “[...] ha subito una serie di influenze culturali che nel corso di millenni vi sono giunte attraverso le popolazioni celto-liguri, la conquista romana e le invasioni germaniche dell'alto medio evo. Tra il 1200 e la fine del 1500 questa valle ebbe poi il vantaggio di godere di un notevole sviluppo economico e artistico sotto la blanda tutela del Marchesato di Saluzzo.

³ (Claudia Bonardi, *Ivi*, pp. 9)

⁴ (Claudia Bonardi, *Ibidem*)

In the highest part of the valley a quasi-independent republic of 12 municipalities was formed free of the feudal structure that normally characterized the economic and social development of that era.”⁵

This phenomenon had a considerable effect on the local architecture; in fact, while we find a lack of castles and feudal residences, on the other hand a large number of stately residences belonging to the wealthy families of the various villages developed, however without giving rise to a social differentiation in the various types of dwellings.

Although the various cultural influences to some extent connoted traditional architecture, the character of this architecture remained rural and spontaneous, making it difficult to date the buildings and their parts today. The introduction of new cultural styles did not impose the abandonment of the older forms, which continued to be used, rather these were used for lower-ranking constructions such as storage, animal shelters or temporary housing. We can certainly say that there are no such clear stylistic frontiers within the valley, but in a gradual way we detect substantial differences between the lower and upper valley and between the different side valleys that distinguish its geographical configuration.⁶

“[...] The basic characteristic element is the typical stone construction with a rectangular base and a wooden truss roof, covered with slate slabs. [...] The basic element

Nella parte più alta della valle si formò una repubblica quasi indipendente di 12 comuni libera dalla struttura feudale che normalmente caratterizzò lo sviluppo economico e sociale di quell'epoca.”⁵

Questo fenomeno ebbe un considerevole effetto sull'architettura locale; infatti, se da un lato riscontriamo la mancanza di castelli e residenze feudali, d'altro canto si svilupparono un gran numero di residenze signorili appartenenti alle famiglie benestanti dei vari villaggi, comunque senza dar luogo ad una differenziazione sociale nei vari tipi di abitazione.

Nonostante le diverse influenze culturali abbiano in qualche modo connotato l'architettura tradizionale, il carattere di questa architettura rimase rurale e spontaneo rendendo oggi difficile la datazione degli edifici e delle loro parti. L'introduzione di nuovi stili culturali non impose l'abbandono delle forme più antiche, che continuarono a essere usate, piuttosto queste vennero impiegate per costruzioni di rango inferiore come depositi, ricoveri per animali o abitazioni temporanee.

Possiamo sicuramente affermare che non vi sono frontiere stilistiche così nette all'interno della valle, ma in maniera graduale rileviamo sostanziali differenze tra la bassa e l'alta valle e tra i diversi valloni laterali che contraddistinguono la sua configurazione geografica.⁶

“[...] L'elemento caratteristico fondamentale è costituito dalla tipica costruzione in pietra a base rettangolare con tetto a travature in legno, ricoperto da lastre in ardesia. [...] L'elemento di

⁵ (Luigi Massimo, *lvi*, pp. 5)

⁶ (Luigi Massimo, *lvi*, pp. 7)

described above developed over the centuries, changing in different ways in different parts of the valley.

*The most characteristic houses of the period from 1300 to 1500 maintain the basic rectangular plan form with the ridge of the roof arranged according to the line of maximum slope of the land. They possess neither stairs nor balconies and generally have 3 floors accessed from the valley, the side, and the top, respectively. Since there are no balconies to protect, the roof ends flush with the walls. The ratio of the sides of the basic rectangle varies between 2 and 3/2, in most cases corresponding to the so-called "golden section," considered aesthetically perfect by the ancient Greeks."*⁷

This building model often formed the core around which more or less housing complexes were developed. Depending on the needs*, construction techniques and to better adapt to the morphology of the land, different solutions were adopted to accommodate new spaces: lateral additions along the longest side of the rectangle favoured the front facade, or in some cases, additions were made against it generating buildings arranged in steps along the slope.

**Often adverse weather conditions and the introduction of new sustainable agricultural production at medium and low altitudes pushed people to abandon their high-altitude "seasonal dwellings" and move to temporary dwellings in the valley bottom. New space was therefore needed for housing and for activities related to agricultural production.*

base sopra descritto si sviluppò nel corso dei secoli, modificandosi in modi diversi nelle varie parti della valle.

*Le case più caratteristiche del periodo che va dal 1300 al 1500 mantengono la forma basilare a pianta rettangolare con il colmo del tetto disposto secondo la linea di massima pendenza del terreno. Non possiedono né scale né balconi ed hanno in genere 3 piani cui si accede rispettivamente a valle, a lato e a monte. Il tetto, non essendovi balconi da proteggere, termina a raso dei muri. Il rapporto tra i lati del rettangolo di base varia tra 2 e 3/2, nella maggior parte dei casi corrispondente alla cosiddetta "sezione aurea", considerato esteticamente perfetto dagli antichi greci."*⁷

Questo modello di edificio costituì spesso il nucleo centrale attorno al quale si svilupparono più o meno complessi di abitazioni. A seconda delle necessità*, delle tecniche costruttive e per meglio adattarsi alla morfologia del terreno si adottarono diverse soluzioni per ospitare nuovi spazi: aggiunte laterali lungo il lato più lungo del rettangolo privilegiarono la facciata frontale, o in certi casi, le aggiunte vennero fatte contro di questa generando degli edifici disposti a gradino lungo il pendio.

**Spesse condizioni climatiche avverse e l'introduzione di nuove produzioni agricole sostenibili a media e bassa quota, spinsero le persone ad abbandonare le "abitazioni stagionali" ad alta quota e a trasferirsi nelle abitazioni temporanee del fondo valle. Si necessitava quindi di nuovi spazi per l'abitazione e per le attività connesse alla produzione agricola.*

⁷ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 8-9)

2.3.1 Architectural Varieties

We encounter a single reference architectural model, the typical rectangular stone building with a pitched roof, clearly adopted for simplicity of construction, versatility and adaptability to the mountainous context, which takes on different declinations and characteristics to probably meet the needs of the inhabitants or to adapt to morphological and climatic constraints. In this sense, a wide variety of constructions with different connotations developed.

“There are general characteristics due to climate and available materials. Few regions have such different climates and landscapes at distances, which as the crow flies do not exceed a hundred kilometers. A house made to live where snow covers the ground for several months of the year, and to dry crops sheltered from high mountain humidity, differs from those made to withstand the wind and drought of Provence. The form of the rural house is, of course, dictated by the needs related to the type of agricultural production (the introduction of new crop species, such as the potato, corresponds to the creation of new storage space), climatic factors and the availability of materials, however, there are important features, which have a purely cultural origin. [...] The determining factors are rather related to social organization, but above all to sometimes very old and forgotten habits and beliefs, of which constructive forms survive unconsciously.”⁸

2.3.1 Varietà architettoniche

Riscontriamo quindi un unico modello architettonico di riferimento, la tipica costruzione rettangolare in pietra con tetto a falde inclinate, adottato chiaramente per semplicità di costruzione, versatilità e adattabilità al contesto montano, che assume diverse declinazioni e caratteristiche per rispondere probabilmente alle esigenze degli abitanti o per adeguarsi a vincoli morfologici e climatici. In questo senso si sviluppò una grande varietà di costruzioni con differenti connotazioni.

“Vi sono caratteristiche generali, dovute al clima ed ai materiali disponibili. Poche regioni hanno climi e paesaggi così diversi a distanze, che in linea d'aria non eccedono il centinaio di chilometri. Una casa fatta per vivere dove la neve copre il terreno per parecchi mesi all'anno e per essiccare i raccolti al riparo dall'umidità d'alta montagna, differisce da quelle fatte per resistere al mistral ed alla siccità della Provenza. La forma della casa rurale è, naturalmente dettata dalle necessità legate al tipo di produzione agricola (l'introduzione di nuove specie coltivate, come ad esempio la patata, corrisponde alla creazione di nuovi spazi di immagazzinamento), da fattori climatici e dalla disponibilità di materiali, però vi sono importanti caratteristiche, che hanno un'origine puramente culturale. [...] I fattori determinanti sono piuttosto legati all'organizzazione sociale, ma soprattutto ad abitudini e credenze talvolta molto antiche e dimenticate, di cui sopravvivono inconsciamente forme costruttive.”⁸

⁸ (Luigi Massimo, 1999, *Architettura tradizionale: tra Piemonte & Provenza*, Cuneo, pp. 45)

The shape of the dwelling is thus certainly influenced by external factors and functional needs it must meet, but it is particularly interesting how this shape is, in some cases, the result of needs related to the social dynamics involved and thus the tendency to cluster under one roof rather than live separately.⁹

“In the lower valley, the juxtaposition of small houses with the ridge parallel to the level lines gives rise to long buildings where numerous exterior staircases and wooden balconies serve as access to the upper floors. [...], this type of long house with the ridge line parallel to the level lines is precisely characteristic of the lower valley. [...] [Fig. 2.2] The houses in the upper valley are generally larger and have in preponderance the ridge of the roof arranged parallel to the line of maximum slope of the land. [Fig. 2.3] Interestingly, the orientation of houses throughout the Maira Valley is solely related to the slope of the land independent of sun exposure.”¹⁰

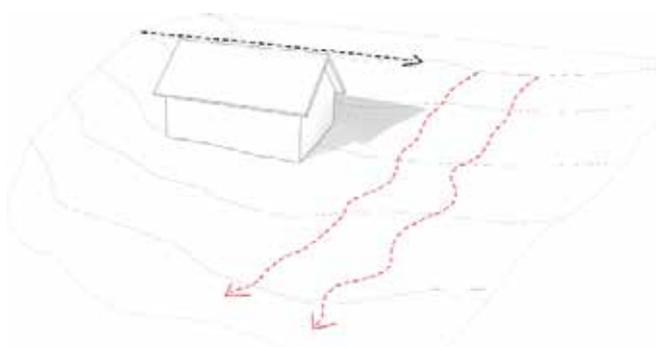


FIG.2.2 - Linea di colmo perpendicolare alla linea di massima pendenza del terreno (Bassa Valle).

La forma dell’abitazione viene quindi sicuramente influenzata da fattori esterni e da esigenze funzionali a cui deve rispondere, ma risulta particolarmente interessante come questa forma sia, in certi casi, il risultato di esigenze legate alle dinamiche sociali coinvolte e quindi la tendenza a raggrupparsi sotto un unico tetto piuttosto che vivere separatamente.⁹

“Nella bassa valle l’accostamento di piccole case col colmo parallelo alle linee di livello dà origine a lunghi edifici dove numerose scale esterne e balconi in legno fungono da accesso ai piani superiori. [...], questo tipo di casa lunga, con la linea di colmo parallela alle linee di livello è appunto caratteristica della bassa valle. [...] [FIG. 2.2] Le case dell’alta valle sono in generale più grandi e hanno in preponderanza il colmo del tetto disposto parallelamente alla linea di massima pendenza del terreno. [FIG. 2.3] È interessante notare come l’orientamento delle case di tutta la Val Maira sia unicamente legato alla pendenza del terreno indipendente dall’esposizione solare.”¹⁰



FIG.2.3_- Linea di colmo parallela alla linea di massima pendenza del terreno (Alta Valle).

⁹ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 12)

¹⁰ (Luigi Massimo, *Ibidem*)

The management of interior spaces in the dwelling is determined by a number of factors, and we can see how the logic in the management of functions and allocation of spaces takes a significantly different turn in different regions. “[...] while in the lower valley the various functions of dwelling, stable, barn, etc. tend to be dispersed in separate buildings, they are centralized in a single building in the upper valley, in particular the barn is an integral part of the building, occupying the entire upper floor and dominating it as a size.”¹¹

Also the system of accesses is interesting, which is in a logic of adaptation to the morphological context, and has a different declination for each geographical area. “In much of the upper valley, and especially in Marmora and Canosio, stairs are rarer in ancient buildings and often the simple slope of the ground is used to access the various levels. [Fig. 2.4] [...] In the hamlets of Dronero, on the other hand, access to the rooms on the upper floors is normally obtained through external staircases and balconies.”¹² [Fig. 2.5]



FIG.2.4 - Accesso ai diversi livelli dell'abitazione tramite l'uso di rampe o sfruttando le pendenze del terreno (Alta Valle).

¹¹ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 14)

¹² (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 14-15)

La gestione degli spazi interni nell'abitazione è determinata da diversi fattori e possiamo notare come la logica nella gestione delle funzioni e l'allocazione degli spazi assuma una piega significativamente diversa nelle varie regioni. “[...] mentre nella bassa valle le varie funzioni di abitazione, stalla, fienile ecc. tendono ad essere disperse in edifici separati, esse sono accentrate in un unico edificio nell'alta valle, in particolare il fienile è parte integrante della costruzione, occupandone tutto il piano superiore e dominandola come dimensione.”¹¹

Interessante risulta anche il sistema di accessi che, in una logica di adeguamento al contesto morfologico, ha una diversa declinazione per ogni area geografica. “In gran parte dell'alta valle, e in particolar modo a Marmora e Canosio, le scale sono più rare negli edifici antichi e sovente la semplice pendenza del terreno è usata per accedere ai vari livelli. [FIG. 2.4] [...] Nelle frazioni di Dronero l'accesso alle camere dei piani superiori è invece normalmente ottenuto attraverso scale esterne e balconi.”¹² [FIG. 2.5]



FIG.2.5 - Accesso ai diversi livelli dell'abitazione tramite l'uso di scale esterne e balconi (Bassa Valle).

“The transport of materials between dwelling, stables, and barns is an activity that can be strongly influenced by climatic conditions, particularly during the winter months in mountainous areas. In some regions, rural buildings are completely open to the outside, each room has its own access to the farmyard or balconies, and internal circulation is almost non-existent. [...] It would be logical to think that the type of circulation is solely dictated by climate, but reality proves to us that there is very little correlation between climate and type of circulation. Again, social and cultural traditions and customs are dominant here.”¹³

2.3.2 Urban Planning Structure of villages

We have seen how the form and arrangement of housing was determined by external conditions and constraints but also by cultural influences, traditions and customs. These factors played an important role not only at the scale of the individual building but also strongly signified the structure of entire villages, and again we find significant differences between the urbanism of the lower and upper valley:

“[...]In the lower valley it is of a more Mediterranean type with small buildings whose forms are adapted to the spaces available between streets and small squares, curved walls, rooms on arches covering the mule tracks, small windows and balconies at different and irregular levels. The very steep and rugged terrain, the intersecting lanes, and the location of fountains determine the shape and orientation of the houses, which thus lose

“Il trasporto di materiali tra abitazione, stalle e fienili è un'attività che può essere fortemente influenzata dalle condizioni climatiche, in particolare durante i mesi invernali nelle zone montagnose. In alcune regioni le costruzioni rurali sono completamente aperte verso l'esterno, ogni locale ha un suo proprio accesso all'aia o a balconi e la circolazione interna è quasi inesistente. [...] Sarebbe logico pensare che il tipo di circolazione sia unicamente dettato dal clima, ma la realtà ci prova che vi è ben scarsa correlazione tra clima e tipo di circolazione. Anche in questo caso le tradizioni e le abitudini sociali e culturali sono preponderanti.”¹³

2.3.2 Struttura urbanistica dei villaggi

Abbiamo visto come la forma e la disposizione delle abitazioni sia stata determinata da condizioni e vincoli esterni ma anche da influenze culturali, tradizioni e usanze. Questi fattori hanno giocato un ruolo importante non solo alla scala del singolo edificio ma hanno connotato fortemente anche la struttura di interi villaggi e nuovamente riscontriamo delle notevoli differenze tra l'urbanistica della bassa e dell'alta valle:

“[...]Nella bassa valle è di tipo più mediterraneo con piccole costruzioni le cui forme si adattano agli spazi disponibili tra strade e piazzette, muri ricurvi, camere su archi che coprono le mulattiere, piccole finestre e balconi a livelli diversi e irregolari. Il terreno assai ripido e accidentato, l'incrociarsi dei viottoli, la posizione delle fontane, determinano la forma e l'orientamento delle case che perdono così la

¹³ (Luigi Massimo, 1999, *Architettura tradizionale: tra Piemonte & Provenza*, Cuneo, pp. 35)

their individuality to blend into the structure of the village, follow the irregularity of the narrow streets and fill every available space. [Fig. 2.6] In contrast, certain villages in the upper valley, especially in the area of Elva, Canosio, and Marmora, often result from the simple orderly juxtaposition of large buildings, built and oriented as if they were isolated. [Fig. 2.7]

We can thus distinguish un-urbanized villages and others with a strong urban structure, which takes precedence over the shape and orientation of individual houses. This occurs regardless of the size of the township. There are very small villages, such as the hamlets in Acceglio, that have a much stronger urban structure than much larger hamlets such as Preit in the municipality of Canosio. The main assembling element varies from time to time. In some cases, the buildings are arranged along a road or around a central element that may be a dedicated pillar, a fountain or an oven.

loro individualità per fondersi nella struttura del villaggio, seguire la sinuosità delle stradine e riempire ogni spazio disponibile. [FIG. 2.6]

Al contrario certi villaggi dell'alta valle, specie nella zona di Elva, Canosio e Marmora, risultano sovente dal semplice accostamento ordinato di grandi costruzioni, costruite e orientate come se fossero isolate. [FIG. 2.7]

Possiamo quindi distinguere villaggi non urbanizzati e altri a struttura urbanistica forte, che prevale sulla forma e sull'orientamento delle singole case. Questo avviene indipendente dalla dimensione della borgata. Vi sono piccolissimi villaggi, come la frazione Vivere di Acceglio, che hanno una struttura urbanistica assai più forte di quella di borgate ben più grandi quali il Preit nel comune di Canosio. L'elemento agglomerante principale varia di volta in volta. In certi casi le costruzioni sono disposte lungo una strada o attorno ad un elemento centrale che può essere un pilone votivo, una fontana o un forno.



FIG.2.6 - Struttura urbanistica forte: un elemento centrale o l'assialità delle strade orientano e distribuiscono le abitazioni (Bassa Valle).

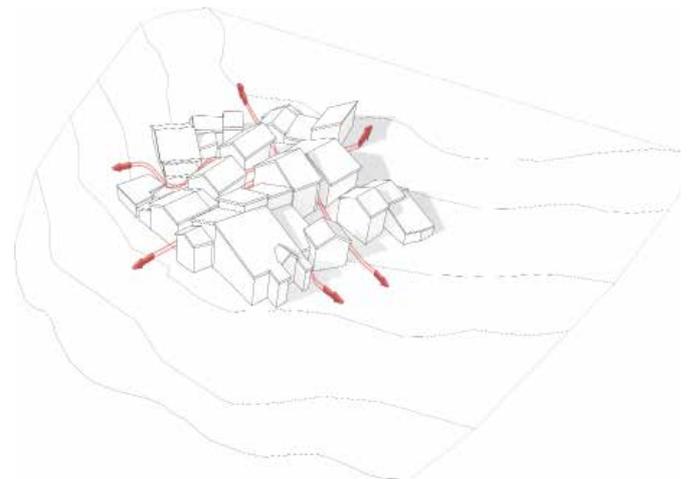


FIG.2.7- Struttura non urbanizzata: semplice accostamento di grandi costruzioni, orientate come se fossero isolate (Alta Valle).

[...] Another feature of urbanized structure villages is covered passageways, where rooms or notable parts of buildings, cover entire sections of roads."¹⁴

The building pattern that characterizes the Maira Valley can be referred to the multi-family structure, declined at the level of the house in the upper valley, while at the level of the hamlet in the lower valley.

In the first case of large constructions, also known as "village houses," house rooms for housing and infrastructure for several families under one roof [Fig. 2.8]; in the second case, on the other hand, these functions are separated in separate constructions, but nevertheless integrated into the structure of the hamlet. [Fig. 2.9]

[...] Un'altra caratteristica dei villaggi a struttura urbanizzata è costituita da passaggi coperti, dove camere o parti notevoli di costruzioni, ricoprono interi tratti di strade."¹⁴

Il modello edilizio che caratterizza la Val Maira è riferibile alla struttura plurifamiliare, declinata a livello della casa nell'alta valle, mentre a livello della borgata nella bassa valle.

Nel primo caso delle grandi costruzioni, conosciute anche come "case villaggio", ospitano sotto lo stesso tetto stanze per abitazione e infrastrutture per più famiglie [Fig. 2.8]; nel secondo caso, invece, queste funzioni sono separate in costruzioni distinte, ma comunque integrate nella struttura della borgata. [Fig. 2.9]

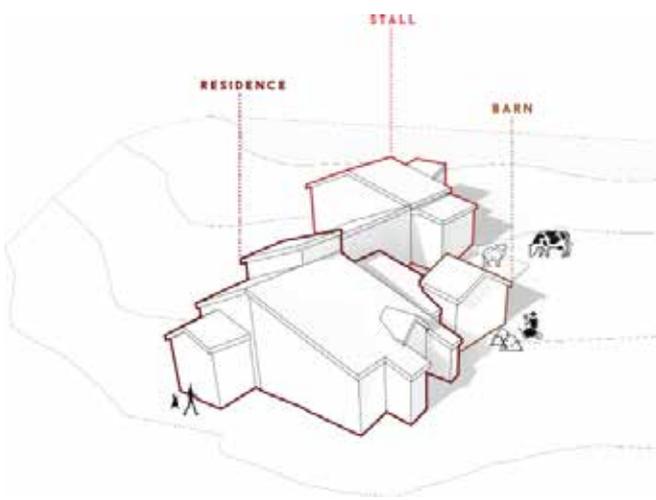


FIG.2.8 - Casa-Villaggio: molteplici funzioni integrate nella stessa struttura (Alta Valle).

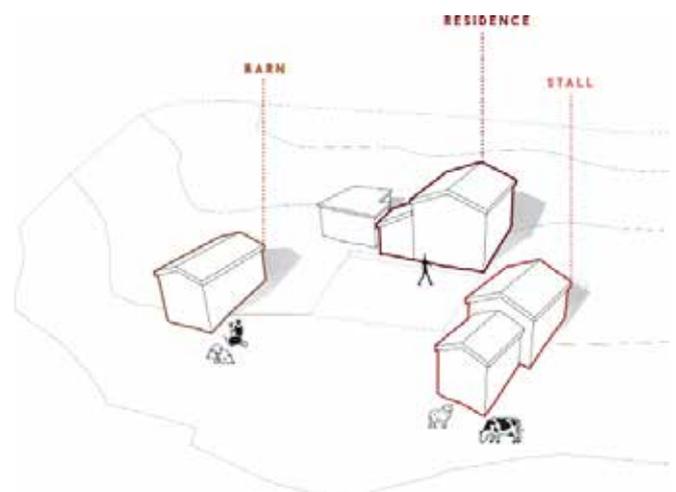


FIG.2.9 - Funzioni localizzate in costruzioni distinte (Bassa Valle).

¹⁴ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 17-21)

2.3.3 Building types and noble houses : the round columns and Blockbau

Despite architectural variations in different regions of the valley, we find some common elements. Among these, the style of the mansion house is probably the most representative as it has unique stylistic elements that emphasize this housing model over the more common rural building.

"[...] Anyone who travels through the villages of the Maira Valley with some attention, cannot fail to notice, in contrast to the current state of abandonment of the region, a number of buildings that stand out for the refinement of their details. [...] The oldest of these houses preserve the rectangular shape of the basic building element of the valley, and are characterized by a "noble" use of stone.

*The walls are built with more carefully squared blocks, especially in the corners, while doors and windows have lintels and jambs made of large stone elements. Even drip pits for the disposal of sewage are sometimes made from hewn stone blocks. [...] Ceiling joists are also more carefully carved, chamfered at the corners and sometimes adorned with a few longitudinal grooves. There are mostly three floors. The lower floor, normally used as stables, has a barrel vault from Celle down, but a wooden ceiling in the upper valley, while the upper ceiling is always wooden. The middle floor has large fireplaces."*¹⁵

An unmistakable feature of the casa signorile is the facade wall, placed

2.3.3 Tipi di edifici e case nobiliari: le colonne rotonde e Blockbau

Nonostante le variazioni architettoniche nelle differenti regioni della valle, riscontriamo alcuni elementi in comune. Tra questi lo stile della casa signorile è probabilmente il più rappresentativo in quanto presenta degli elementi stilistici unici che mettono in risalto questo modello abitativo rispetto al più comune edificio rurale.

"[...] Chiunque percorra con una certa attenzione i villaggi della Val Maira, non può mancare di notare, in contrasto con l'attuale stato di abbandono della regione, un certo numero di costruzioni che si distinguono per la ricercatezza dei loro particolari. [...] Le più antiche di queste case preservano la forma rettangolare dell'elemento di base delle costruzioni della valle, e sono caratterizzate da un uso "nobile" della pietra.

*I muri sono costruiti con blocchi più accuratamente squadrati, specie negli spigoli, mentre porte e finestre sono munite di architravi e stipiti in grandi elementi di pietra. Persino dei gocciolatoi per lo smaltimento di acque di scarico sono talvolta ricavati da blocchi di pietra scavati. [...] Anche le travature dei soffitti sono più curate, smussate negli angoli e talvolta ornate da qualche scanalatura longitudinale. Vi sono frequentemente tre piani. Il piano inferiore, normalmente adibito a stalle, ha una volta a botte da Celle in giù, ma un soffitto in legno nell'alta valle, mentre il soffitto superiore è sempre in legno. Nel piano intermedio si trovano grandi camini."*¹⁵

Una caratteristica inconfondibile della casa signorile è costituita dal muro di facciata, posto

¹⁵ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 21-26)

at the shorter side of the base rectangle. This “sail” wall forms the main façade of the building; it continues above the roof level and ends with a stone slab roof system. Often this front is adorned with mullioned windows or other elaborately shaped windows, and in some cases it is present in both facades, upstream and downstream, respectively. [Fig.2.10 - 2.11]

in corrispondenza del lato minore del rettangolo di base. Questo muro “a vela” costituisce la facciata principale dell’edificio; continua al di sopra del livello del tetto e termina con un sistema di copertura in lastre di pietra. Spesso questo fronte è ornato di bifore o altre finestre di forma elaborata e in certi casi è presente in entrambe le facciate, rispettivamente a monte e a valle. [FIG.2.10 - 2.11]



FIG.2.10 - Massimo L., Facciata a vela con finestre bifore (Caudano, Stroppa), Escarton, aggiornato al 1981
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=43](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=43)

FIG.2.11 - (a sinistra) Massimo L., Facciata a vela con finestra monofora (Preit, Canosio), Escarton, aggiornato al 1987
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=52](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=52)

The round columns

Another common element throughout the valley is the round column. [Fig. 2.12] This constitutes one of the salient and highly relevant features of the architecture of the valley, which has been widespread in all kinds of buildings, both in the lower and upper valley, used for buildings in different styles and for different purposes, from the pronaos of churches to simple barns. The combination of a Greek and Roman architectural element with typical alpine elements, such as large wooden structures, gives an extraordinary image to the architecture of the Maira Valley.

“[...] These columns took on different architectural functions from time to time, either as simple support for projecting roof pitches or as the main load-bearing element of the most imposing buildings in the valley. The largest ones have a diameter at the base of about 1.30 m that narrows slightly towards the top and a height of a twelve meters. In these cases of great height, only the presence of horizontal beams embedded at different levels ensures that the columns do not bend sideways under the weight of the roof. It can therefore be seen that their builders must have had considerable architectural skill, when one considers that these structures withstood for varying periods between 300 and 600 years, despite the fact that the material used was nothing more than masonry formed of very irregularly shaped stones held together by a minimal amount of very low-strength mortar. In many cases, when these buildings collapse, the only element

Le colonne rotonde

Un altro elemento comune a tutta la valle è sicuramente la colonna rotonda. [FIG. 2.12] Questa costituisce una delle caratteristiche salienti e di grande rilevanza dell'architettura della valle che si è diffusa in ogni tipo di costruzione, sia nella bassa che nell'alta valle, utilizzata per edifici con stili e per scopi differenti, dal pronaos delle chiese ai semplici fienili. L'accostamento di un elemento architettonico di matrice greca e romana ad elementi tipici alpini, quali grandi strutture in legno, conferisce una straordinaria immagine all'architettura della Val Maira.

“[...] Queste colonne assunsero di volta in volta diverse funzioni architettoniche, sia come semplice sostegno di falde sporgenti del tetto sia come elemento portante principale delle più imponenti costruzioni della valle. Le più grandi hanno un diametro alla base di circa 1,30 m che si restringe leggermente verso l'alto e un'altezza di una dozzina di metri. In questi casi di grande altezza, solo la presenza di travi orizzontali incastrate a diversi livelli fa sì che le colonne non si pieghino lateralmente sotto il peso del tetto. Si vede quindi che i loro costruttori dovevano avere una notevole abilità architettonica, se si pensa che queste strutture hanno resistito per periodi varianti tra i 300 e 600 anni, nonostante il materiale usato non fosse che una muratura formata da pietre di forma assai irregolare tenute assieme da una minima quantità di malta a bassissima resistenza. In molti casi, quando queste costruzioni crollano, l'unico elemento

that remains is the round column, upright and slender amidst the rubble. ¹⁶

Notable buildings in which we find the use of these columns are frequent in the municipality of Canosio. In the Ubac complex these constitute the support and main structure of a large system of dwellings united under a single roof and traversed by a covered road connecting them. But the building in which they manifest their impressiveness and spectacularity is surely the casa villaggio in the hamlet of Corte di Canosio, where these serve as support for a large two-story courtyard. [Fig.2.13]



che rimane è la colonna rotonda, ritta e snella in mezzo alle macerie. ¹⁶

Edifici notevoli in cui riscontriamo l'uso di queste colonne sono frequenti nel comune di Canosio. Nel complesso Ubac queste costituiscono il sostegno e la struttura principale di un grande sistema di abitazioni riunite sotto uno unico tetto e attraversate da una strada coperta che le collega. Ma l'edificio in cui manifestano la loro imponenza e spettacolarità è sicuramente la casa-villaggio nella frazione Corte di Canosio, dove queste fungono da sostegno per un grande cortile su due piani. [FIG.2.13]



FIG.2.13- Massimo L., *Casa Corte (Canosio), Escarton, aggiornato al 1973*
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT//FOTO.PHP?PROGFOTO=2](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT//FOTO.PHP?PROGFOTO=2)

FIG.2.12 - (a sinistra) Massimo L., *Colonna rotonda (Casa Corte, Canosio), Escarton, aggiornato al 1977*
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT//FOTO.PHP?PROGFOTO=6](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT//FOTO.PHP?PROGFOTO=6)

¹⁶ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 30-31)

It is not easy to determine the period when round columns began to be used.

Beginning in the 1700s there was a tendency to build pillars with a square base, replacing the earlier ones with a round cross-section, and often the two elements coexisted side by side and in some coexisting in the same building. In some cases, we can clearly detect the presence of older bodies with stone portals with a square cross-section, to which the round column structure was added later, and this might suggest that this element was introduced only later in the architecture of Valley¹⁷, but as we do not have firm evidence to support this theory we can only assume it.

It is also true that the round column structure is made of small and irregularly shaped stones, and therefore it could be assumed that in this way, since it was readily available and the material did not have to be further processed, it was easier to obtain a round rather than a square or rectangular shape.

Non è semplice stabilire il periodo in cui si iniziarono a impiegare le colonne rotonde.

A partire dal 1700 si diffuse la tendenza a costruire i pilastri a base quadrata, sostituendo i precedenti a sezione rotonda e spesso i due elementi hanno convissuto uno accanto all'altro e in certi coesistendo nello stesso edificio. In alcuni casi si rileva chiaramente la presenza di corpi più antichi, con portali in pietra a sezione quadrata, a cui è stata aggiunta più tardi la struttura della colonna rotonda e ciò potrebbe far pensare che questo elemento sia stato introdotto solo successivamente nell'architettura della valle¹⁷, ma non avendo prove certe a sostegno di questa teoria non possiamo che supporlo.

È anche vero che la struttura della colonna rotonda è costituita da pietre piccole e dalla forma irregolare e quindi si potrebbe ritenere che in questo modo, essendo facilmente reperibile e non dovendo ulteriormente lavorare il materiale, fosse più semplice ottenere una forma rotonda piuttosto che quadrata o rettangolare.

¹⁷ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 36-37)

Blockbau

There are some exceptions in the Maira Valley, where the predominant material used for the load-bearing structures of buildings is wood rather than stone. With this technique, called by the Germans "Blockbau (block construction)" ¹⁸ [Fig. 2.14], logs of wood are stacked, wedged at the end, until entire walls are built.

What is interesting is that this construction technology is used only for certain portions of the building (often the barn rooms) and the result is thus the integration of two materials, stone and wood respectively. "[...] The problem then arises of how to combine the two types of walls. In fact, the classical Blockbau structure assumes for its stability that there are four joints on the four sides of the construction, while here we are confronted with walls built half their length in wood and half in stone. The dividing line between the two wall types is then not vertical, but the wall slopes downward so that the log heads can rest on the masonry. Also, to prevent the logs from sliding sideways, they are held back by vertical wooden keys." ¹⁹

We can find several examples of this type of construction in the territory of Elva and Celle Macra.

Blockbau

Vi sono alcune eccezioni in Val Maira, in cui il materiale preponderante utilizzato per le strutture portanti degli edifici è il legno anziché la pietra. Con questa tecnica, chiamata dai tedeschi "*Blockbau (costruzione a blocchi)*" ¹⁸ [FIG. 2.14], vengono impilati dei tronchi di legno, incastrati all'estremità, fino alla costruzione di intere pareti. L'aspetto interessante è che questa tecnologia costruttiva viene usata solo per alcune porzioni dell'edificio (spesso gli ambienti adibiti a fienile) e il risultato è quindi l'integrazione di due materiali, rispettivamente pietra e legno. "[...] *Si pone allora il problema di come unire i due tipi di pareti. Infatti, la classica struttura a Blockbau presuppone per la sua stabilità che vi siano quattro incastri ai quattro lati della costruzione, mentre qui si è confrontati a pareti costruite per metà della loro lunghezza in legno e metà in pietra. La linea divisoria tra i due tipi di parete non è allora verticale, ma il muro degrada verso il basso in modo da permettere alle testate dei tronchi di poggiare sulla muratura. Inoltre, per impedire ai tronchi di scivolare lateralmente, essi sono trattenuti da chiavi in legno verticali.*" ¹⁹ Possiamo trovare diversi esempi di questo tipo di costruzione nel territorio di Elva e di Celle Macra.



FIG.2.14 - Massimo L., *Struttura a Blockbau (Serre, Celle Macra)*, Escarton, aggiornato al 1981
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCAPTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=19](http://architettura.escarton.it/foto.php?&progfoto=19)

¹⁸ (Luigi Massimo, *Ivi*, pp. 41)

¹⁹ (Luigi Massimo, *Ibidem*)

2.4 THE “CASE -VILLAGGIO”. (VILLAGE-HOUSES)

A very popular and widespread case in the upper valley area is the “Casa - Villaggio,”(the village house) a unique building that unites multiple functions under one roof and often also houses indoor spaces that serve as common areas and passageways.

This type of building is designed to integrate and combine in the same structure different functions (living, stable, barn...) thus obtaining a complex structure that adapts to the needs of time through successive additions of “bodies” around a central element.

“This is a complex type for several families, perhaps of the same stock, gathered in the upper Maira valley for stable habitation, summer and winter. For better defence against cold and snow and for reasons of solidarity in times of great need (illness, hunger, prolonged bad weather) the individual building units are unified with a fairly compact outline. In the interior, on the other hand, community spaces of common ownership and use (workshops, bakery, storerooms) of non-pre-determined shape are obtained, given as remnant spaces, of a width agreed upon among individual households, exceeding the welding of individual perimeters of private ownership and use. These large multiple buildings, which have a single-story plate-like conformation, adhering to the ground, with some surplus parts on the attic floor, are variously punctuated by isolated columns and pillars and small flights of stairs that serve to overcome natural height differences.

2.4 LE CASE-VILLAGGIO

Un caso molto popolare e diffuso nel territorio dell’alta valle è sicuramente la “casa villaggio”, fabbricato unico nel suo genere, che accomuna sotto lo stesso tetto molteplici funzioni e spesso ospita anche degli spazi al coperto che fungono da aree comuni e passaggi.

Questa tipologia di edifici è stata concepita per integrare e combinare nella stessa struttura diverse funzioni (abitativa, stalla, fienile...) ottenendo quindi una struttura complessa che si adatta alle esigenze del tempo tramite aggiunte successive di “corpi” attorno ad un elemento centrale.

“Si tratta di un tipo complesso per più famiglie, forse dello stesso ceppo, riunite in alta valle Maira per abitazione stabile, estate e inverno. Per una migliore difesa dal freddo e dalla neve e per ragioni di solidarietà in momenti di grande bisogno (malattie, fame, maltempo prolungato) le singole unità edilizie sono accorpate con un contorno abbastanza compatto. All’interno invece si ricavano spazi comunitari, di proprietà e d’uso comuni (laboratori, forno, depositi) di forma non prestabilita, dati come spazi di risulta, di ampiezza concordata tra le singole famiglie, eccedenti la saldatura dei singoli perimetri di proprietà e di uso privato. Questi grandi edifici multipli che si presentano con conformazione a piastra ad un solo piano, aderente al terreno, con alcune parti eccedenti al piano sottotetto, sono variamente punteggiate da colonne e pilastri isolati e da piccole rampe di scala che servono a superare i dislivelli naturali.

Otherwise they are a simple addition of pseudo-rectangular rooms leaning against each other without disengagement. The casa - villaggio of the upper Maira Valley is a building of clear organic layout, as found throughout the Mediterranean wilderness not developed from pre-established public spaces (the street, the square, the roundabout of the walls) but with attention to small open spaces where, especially in winter, communal activities are practiced.”¹

Some monumental housing complexes, in the municipality of Canosio, emblematic of this building type are certainly the houses known as “Paiass” at Colle S. Giovanni, where the central element consists of a building with a rectangular plan, of medieval origin, around which various bodies of buildings were later added, whose outermost parts include rooms suspended on round columns.

We find other examples in the hamlet of Corte di Canosio, where the exceptional “Casa-Corte” structure persists, consisting of a two-story covered courtyard overlooked by several dwellings and stables, or again the “Ubac” complex, probably among the best preserved in the region, centered on a road winding uphill between a series of large columns, which served as a covered passage within the large system of dwellings.

Per il resto sono una semplice addizione di locali pseudo-rettangolari addossati gli uni agli altri senza disimpegni. La casa-villaggio dell’alta Valle Maira è un fatto edilizio di chiaro impianto organico, come si riscontra in tutto l’entroterra mediterraneo ma qui sviluppato non a partire da spazi pubblici prestabiliti (la strada, la piazza, il giro di ronda delle mura) ma con attenzione per piccoli slarghi dove, specie d’inverno, si praticano attività in comune.”¹

Alcuni monumentali complessi abitativi, nel comune di Canosio, emblematici di questa tipologia edilizia sono certamente le case dette “Paiass” al Colle S. Giovanni, dove l’elemento centrale è costituito da un edificio a pianta rettangolare, di origine medievale, intorno al quale furono successivamente aggiunti vari corpi di costruzioni, le cui parti più esterne includono camere sospese su colonne rotonde.

Troviamo altri esempi nella frazione Corte di Canosio, dove persiste l’eccezionale struttura “Casa-Corte”, costituita da un cortile coperto su due piani sul quale si affacciano diverse abitazioni e stalle, o ancora il complesso “Ubac”, probabilmente tra i meglio conservati nella regione, centrato su una strada che si snoda in salita tra una serie di grandi colonne, la quale fungeva da passaggio coperto all’interno del grande sistema di abitazioni.

¹(Claudia Bonardi, *Atlante dell’edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese, La Valle Maira (Valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera)*, Mondovì, 2009)

2.4.1 L' Ubac (m 1230)

Ubac of Canosio, located on the right side of the stream, insists on a natural land and is connected to the municipality by a bridge.

Well-structured cluster of dwellings, constituting the most interesting and complex result of the organism that today is called Casa - villaggio.

The settlement is the result of a number of favourable conditions, such as the availability of a vast fertile meadow on a gently sloping terrain, the ownership of property for more than five centuries by a single family, which allowed better management of the complex, and the proximity to a production centre (two mills and a hemp beater).

It developed along a winding covered road onto which several buildings faced each other.

The central core, presumably of the earliest settlement, consists of a building characterized by three large columns around which the other buildings were later added. [Fig. 2.15]

2.4.1 L' Ubac (m 1230)

L'Ubac di Canosio, situato sul versante destro del torrente, insiste su un promontorio naturale ed è collegato al comune da un ponte.

Agglomerato ben strutturato di abitazioni, costituente il più interessante e complesso risultato dell'organismo che oggi si definisce casa-villaggio.

L'insediamento è il risultato di una serie di condizioni favorevoli, come la disponibilità di un vasto prato arativo su un terreno in leggero dislivello, la conduzione di proprietà, per oltre cinque secoli, da parte di una sola famiglia, che ha permesso una migliore gestione del complesso, la vicinanza ad un centro produttivo (due mulini e un battitore da canapa).

Si sviluppa lungo una tortuosa strada coperta sulla quale si affacciano diversi edifici.

Il nucleo centrale, presumibilmente di primo impianto, è costituito da un edificio caratterizzato da tre grandi colonne attorno alle quali si sono aggiunti successivamente gli altri fabbricati. [Fig. 2.15]



FIG.2.15 - Massimo L., *In fondo nucleo centrale con le tre colonne rotonde (Ubac, Canosio), Escarton, aggiornato al 1981*

[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=28](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=28)

Access to the complex is provided by a portal, arranged at the beginning of the core on the south side, which was previously provided with a wooden window frame, as was the end door to the internal road, so as to ensure, once closed, protection and security. Once inside, the road, takes advantage of the morphology of the land, meanders tortuously around the aforementioned columns, compensating for a difference in height between the entrance and exit of the house of about 10 to 12 meters. [Fig. 2.16] Along the way, the road has small bends near the entrances and again "stops" that serve as real covered terraces with panoramic views of the entire Valley. As for the distribution system, on the ground floor were located the stables, on the first and second floors the dwellings and in the attic the barns.

L'accesso al complesso è garantito da un portale, sistemato all'inizio del nucleo sul lato Sud, che precedentemente era fornito di serramento in legno, così come pure la porta terminale della strada interna, in modo da garantire, una volta chiusi, protezione e sicurezza. Una volta entrati, la strada, sfruttando la morfologia del terreno, si insinua tortuosamente attorno alle citate colonne, compensando un dislivello tra l'ingresso e l'uscita della casa di circa 10-12 metri. [Fig. 2.16] Lungo il percorso, la strada presenta delle piccole anse in prossimità degli accessi e ancora delle "soste" che fungono da vere e proprie terrazze coperte con veduta panoramica sull'intero Vallone. Per ciò che riguarda il sistema distributivo, al piano terra erano localizzate le stalle, ai primi e secondi piani le abitazioni e nel sottotetto i fienili.

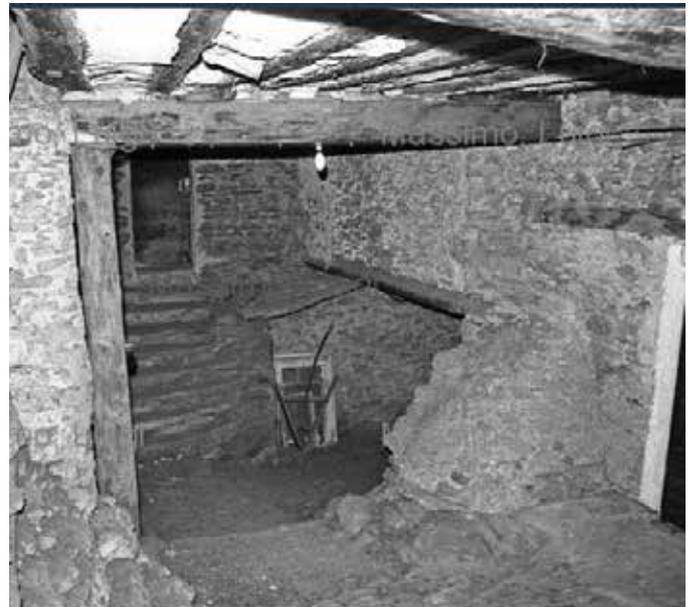


FIG.2.16 - Massimo L., strada coperta e accessi alle diverse abitazioni (Ubac, Canosio), Escarton, aggiornato al 1987
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=45](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=45)

FIG.2.17 - (a sinistra) Massimo L., colonna rotonda integrata nella muratura (Ubac, Canosio), Escarton, aggiornato al 1987
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=49](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=49)

There seems to have been special care given to the warehouses, which were provided with large volumes, sometimes even lofted or divided by wooden walls, forming a well-structured and functional system of floors and paths.

*"[...] A place of high suggestion, especially for not yet being touched by insane operations of recovery to functions other than those for which it was built; it is a masterpiece of accuracy, of poor, but effective and proven constructive science, of measured balance in every part, between the needs of men and the nature of the place."*²

Currently, the building is in fair condition as it is still partially inhabited and mostly used in terms of its accessory rooms (stables and barn in particular).

Sembra ci sia stata una cura particolare rivolta ai magazzini, i quali sono stati dotati di grandi volumi, talvolta anche soppalcati o suddivisi da pareti di legno, formando un sistema di piani e di percorsi ben strutturato e funzionale.

*"[...] Luogo di alta suggestione, soprattutto per non essere ancora toccato da insane operazioni di recupero a funzioni diverse da quelle per cui fu realizzato; è un capolavoro di accuratezza, di scienza costruttiva povera, ma efficace e collaudata, di equilibrio misurato in ogni sua parte, tra esigenze degli uomini e natura del luogo."*²

Attualmente il fabbricato si presenta in discrete condizioni in quanto ancora parzialmente abitato e soprattutto usato per quanto concerne i locali accessori (stalle e fienile in particolare).

² (Claudia Bonardi, *Ivi*, pp. 119-336)

Typology of architectural elements

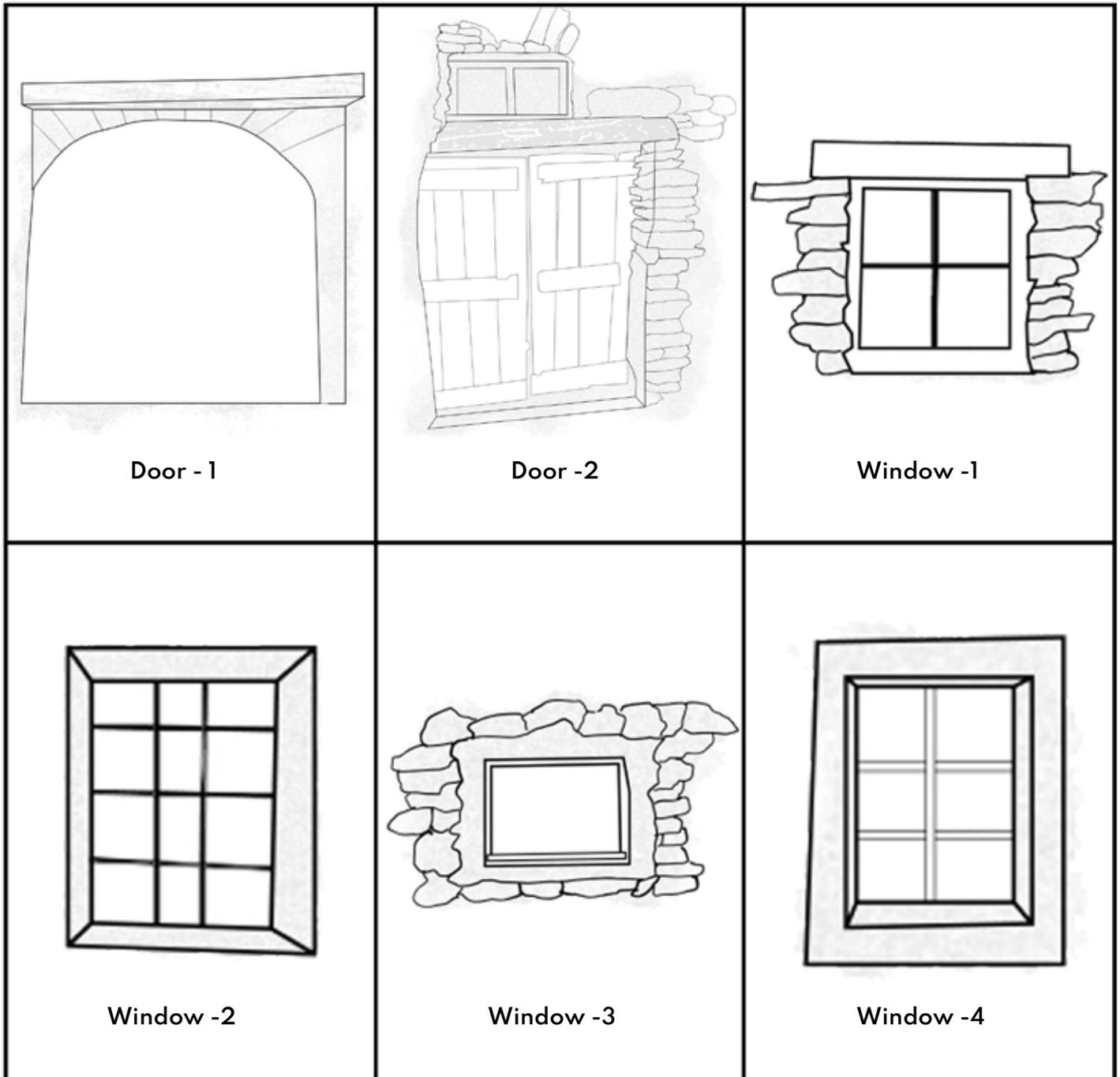


FIG.2.18 - sketches for the different typologies of openings in Ubach.

2.4.2 Case del Paiass (m 1615)

This building also exhibits the common condition of village houses, that is, a central core around which other dwellings were leaned. The central element, with a rectangular plan, has a medieval origin, revealed by herringbone masonry and a stone portal.

The planting phase probably dates back to the 15th century, while later reconstructions probably took place around the 17th century.

Extensions around the core were made on all four sides, preferring the direction along the line of maximum slope, this was also to ensure a non-excessive sleeve width and to encourage adequate interior lighting.

The geometry of the building was altered through a series of successive column additions that, in fact, enlarged the floor plan. These were built to support the suspended spaces that would precisely house the new rooms, characterized by a stone floor laid on trapezoidal-section beams and an all-wood ceiling.

Particular is the technique used for the side walls (called "colombage" by the French), consisting of a very light masonry, reinforced by a vertical system of wooden struts.

2.4.2 Case del Paiass (m 1615)

Anche questo fabbricato presenta la condizione comune delle case villaggio, ossia un nucleo centrale attorno al quale si sono addossate altre abitazioni. L'elemento centrale, a pianta rettangolare, ha un'origine medioevale, rivelata da murature a spina di pesce e da un portale di pietra.

La fase di impianto risale probabilmente al XV secolo, mentre le ricostruzioni successive probabilmente sono avvenute intorno al XVII sec.

Gli ampliamenti attorno al nucleo sono stati effettuati su tutti e quattro i lati, prediligendo la direzione lungo la linea di massima pendenza, ciò per garantire anche una non eccessiva larghezza di manica e favorire un'adeguata illuminazione interna.

La geometria del fabbricato è stata alterata tramite una serie di aggiunte successive di colonne che, appunto, hanno allargato la pianta. Queste sono state costruite per supportare gli spazi sospesi che avrebbero appunto ospitato le nuove camere, caratterizzati da un pavimento in pietra, posato su travi a sezione trapezoidale e un soffitto interamente in legno.

Particolare è la tecnica utilizzata per i muri laterali (definita "colombage" dai Francesi), costituiti da una muratura molto leggera, rinforzata da un sistema verticale di puntoni in legno.

*"[...] As a whole, the tenement summarizes the deterioration of the quality of life over 4-5 centuries: from the large house of the late Renaissance period to rooms carved out on the cloister, with colombage walls, or even just wood. The five recognizable dwelling units have no equal opportunity for space or rationality of connections: the stable of the dwelling to the north is carved out of the cave; the kitchen next door is almost entirely dark; the dwelling to the south is reached only by a long wooden staircase."*³

*"[...] Nel suo insieme il caseggiato sintetizza il deperire della qualità di vita nel corso di 4-5 secoli: dalla grande casa di età tardo rinascimentale alle stanze ricavate sulle logge, con pareti a colombage, o addirittura solo in legno. Le cinque unità abitative riconoscibili non hanno eguali opportunità di spazi o razionalità di collegamenti: la stalla dell'abitazione a Nord è ricavata in grotta; la cucina a fianco è quasi del tutto buia, l'abitazione a Sud è raggiungibile solo con una lunga scala in legno."*³



FIG.2.19 - Massimo L., vista del complesso d'insieme. Camere sospese su colonne (Paiass, Colle S. Giovanni, Canosio), Escarton, aggiornato al 1980
[HTTP://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=15](http://ARCHITETTURA.ESCARTON.IT/FOTO.PHP?&PROGFOTO=15)

³ (Claudia Bonardi, *Ivi*, pp. 119-336)

2.4.3 Casa Corte (m 1659)

“Very interesting construction of dwelling, closer in functional solutions to the French grange than to the subalpine. Implanted at the highest elevation of Canosio’s dwellings, at the upper limit of the pastures, it is not however, a seasonal dwelling, but a farm-house where 6-7 family units took advantage of a sunny and convenient extension of land now grassland could face winter isolation independently. For this purpose, spring, oven, very capacious barns and almost completely buried stables are the essential elements of the complex.”⁴

A large two-story covered courtyard constitutes the centre, and thus the planting stage, of these farms grouped under a single covered space, where vertical and horizontal connections are concentrated, so that all activities could take place, even during the winter months. [Fig. 2.20]

2.4.3 Casa Corte (m 1659)

“Realizzazione assai interessante di abitazione, più vicina nelle soluzioni funzionali alla grange francese che non alla subalpina. Impiantata alla quota più alta delle abitazioni di Canosio, al limite superiore dei pascoli, non è tuttavia abitazione stagionale, ma una casa-azienda dove 6-7 nuclei familiari sfruttavano una soleggiata e comoda estensione di terreno ora prativo potevano affrontare in autonomia l’isolamento invernale. Per tale fine, sorgente, forno, fienili molto capienti e stalle quasi del tutto interrate, sono gli elementi essenziali del complesso.”⁴

Un grande cortile coperto a due piani costituisce il centro, e quindi la fase di impianto, di queste grange raggruppate sotto un unico spazio coperto, dove sono concentrati i collegamenti verticali e orizzontali, in modo tale da permettere lo svolgimento di tutte e attività, anche durante i mesi invernali. [Fig. 2.20]



FIG.2.20 - Casa Corte, fronte del cortile coperto (foto N. Gonzalez, 2022)

⁴ (Claudia Bonardi, *Ivi*, pp. 119-336)

The structure takes advantage of the slope of the land on which it lies; in fact, the interior spaces are developed on several superimposed levels. From the lowest part, facing east, there is access to stables and cellars with vaulted ceilings, while on the upper floors were arranged dwellings and barns. The whole of the covered space (about 300 sq. m.) forms, in the central part, i.e. the courtyard, a system of squares on different floors, connected by an internal uphill road, which allowed the animals access to the relevant stables. In this regard, it should be pointed out that, in the oldest buildings of the upper valley, accessibility to the various floors is provided by the simple slope of the ground, while the external staircase is a characteristic feature of the houses of the lower valley, where access to the various levels is obtained by means of stairs and balconies. The use of the staircase later spread throughout the valley, but it remained a secondary element in certain regions, especially in Marmora and Canosio.

The upper level consists of a sturdy planking resting on a larch wood truss, a noteworthy structure given the considerable spaces it manages to cover (about 10m by 14m). The dwelling cores consist of volumes leaning against each other, but independent of each other: the dwelling unit is spread over several floors (up to 4) connected internally by steep wooden stairs. The interior horizons consist of larch wood floors, and only the last realized portion of the building has an exterior staircase.

La struttura sfrutta la pendenza del terreno su cui giace; infatti, gli spazi interni si sviluppano su diversi livelli sovrapposti.

Dalla parte più bassa, esposta a Est, si accede a stalle e cantine con volte a botte, mentre nei piani superiori erano sistemate le abitazioni e i fienili. L'insieme dello spazio coperto (circa 300 mq) forma, nella parte centrale, ossia il cortile, un sistema di piazze su diversi piani, connessi da una strada interna in salita, che permetteva l'accesso agli animali alle relative stalle. Al riguardo occorre precisare che, nelle costruzioni più antiche dell'alta valle, l'accessibilità ai vari piani è garantita dalla semplice pendenza del terreno, mentre la scala esterna è un elemento caratteristico delle case della bassa Valle, dove l'accesso ai vari livelli è ottenuto mediante scale e balconi. L'uso della scala si diffuse poi in tutta la valle, ma rimase un elemento secondario in certe regioni, soprattutto a Marmora e a Canosio.

Il livello superiore è costituito da un robusto assito poggiato su di una travatura in legno di larice, struttura degna di nota, dati i notevoli spazi che riesce a coprire (circa 10 m per 14m). I nuclei abitativi sono costituiti da volumi addossati gli uni agli altri, ma indipendenti tra di loro: l'unità abitativa si sviluppa su più piani (fino a 4) collegati internamente con delle ripide scalette in legno. Gli orizzontamenti interni sono costituiti da solai in legno di larice e solo l'ultima porzione di fabbricato realizzato presenta una scala esterna.

Definitely catching the eye at the central courtyard are the majestic round columns, the largest in the valley, with a diameter of 1.30 m and a height of over 10 m, which, gives the entire grange system a very striking aesthetic effect and a unique architectural style. [Fig. 2.21]

*"[...] In summary, we detect the usual model of a house that vertically superimposes stable, dwelling, barn in juxtaposed "towers," even at the cost of obtaining by excavation in rock two whole floors, as here it became necessary to make the block at the east end."*⁵

Catturano sicuramente l'attenzione, in corrispondenza del cortile centrale, le maestose colonne rotonde, le più grandi della valle, con un diametro di 1,30 m e un'altezza di oltre 10 m, le quali, conferiscono all'intero sistema di grange un effetto estetico molto suggestivo e uno stile architettonico unico nel suo genere. [FIG. 2.21]

*"[...] In sintesi si rileva il consueto modello di casa che sovrappone verticalmente stalla, abitazione, fienile in "torri" accostate, anche a costo di ricavare con sbancamento in roccia due piani interi, come qui si rese necessario per realizzare il blocco all'estremità Est."*⁵



FIG.2.21 - Casa Corte, colonne rotonde nel cortile centrale (foto N. Gonzalez, 2022)

⁵ (Claudia Bonardi, *Ivi*, pp. 119-336)

Currently the building, which is completely uninhabited, is in a very poor condition.

The west portion of the building has almost entirely collapsed [Fig. 2.22] and the south-facing portion has been repaired without any respect, altering the original image and style [Fig. 2.23]. The roof then was partially salvaged, replacing the more interesting wooden structures with sheet metal.

Attualmente il fabbricato, completamente disabitato, si presenta in pessime condizioni.

La porzione del fabbricato ovest è quasi interamente crollata [Fig. 2.22] e la parte rivolta a sud è stata riparata senza alcun rispetto, alterando l'immagine e lo stile originario [Fig. 2.23]. Il tetto poi è stato parzialmente recuperato, sostituendo con lamiera le più interessanti strutture in legno.



FIG.2.22 - Casa Corte, porzione di fabbricato, rivolta a ovest, crollata (foto N. Gonzalez, 2022)



FIG.2.23 - Casa Corte, porzione di fabbricato rivolta a sud, ricostruita alternando l'immagine originale (foto N. Gonzalez, 2022)

Typology of architectural elements

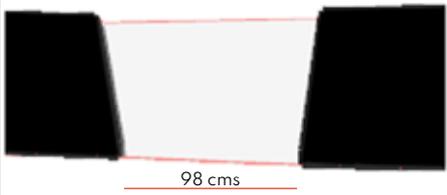
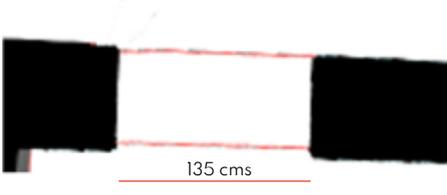
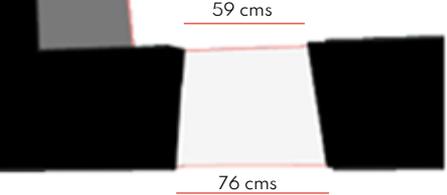
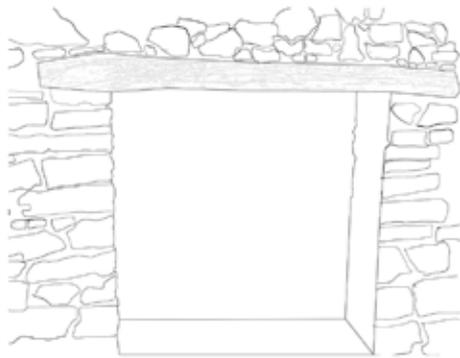
Door - 1	Door - 2	Door - 3
 <p>Material: stone and wood Dimensions: 98 cm x 154 cm</p> <p>An opening in stone wall, with wooden framing to support the stone, plastered from the outside.</p>	 <p>Material: stone and wood Dimensions: 135 cm x 162 cm</p> <p>An opening in stone wall, with wooden lintel, overlooking the ruined vault.</p>	 <p>Material: stone and wood Dimensions: 76 cm x 83 cm</p> <p>An deep opening in stone wall, with wooden framing to support the opening with metal bars overlooking the ruined vault.</p>

FIG.2.24 - Table of sketches for the different typologies of openings in Casa Corte

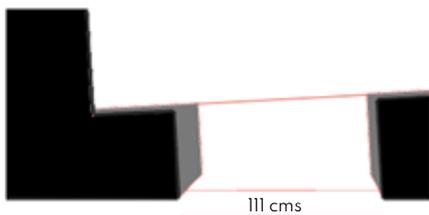
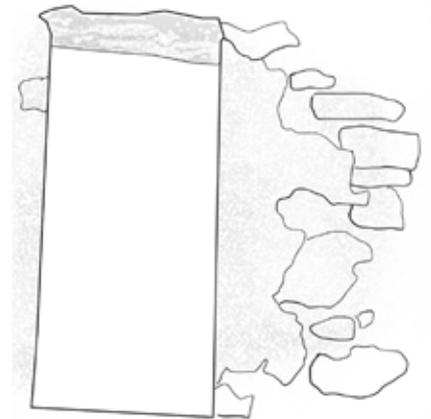
Door - 4



Door - 5

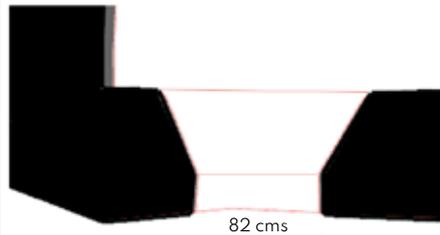


Door - 6



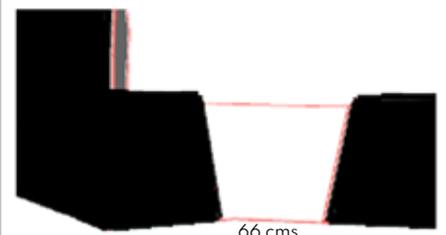
Material: stone and wood
Dimensions: 111 cm x 179 cm

An opening in stone wall, with a wooden lintel.



Material: stone and plaster
Dimensions: 82 cm x 139 cm

An arched opening in stone wall.



Material: stone and wood
Dimensions: 66 cm x 159 cm

An opening in stone wall, with a wooden lintel, on the first floor.

CHAPTER

3

**The geomatics survey strategy used
for the 3D survey of Casa Corte,
Canosio**

CAPITOLO

3

**La strategia di rilievo geomatico
utilizzata per il rilievo 3d di Casa
Corte, Canosio**

THE GEOMATIC SURVEY STRATEGY USED FOR THE 3D SURVEY OF CASA CORTE, CANOSIO

Taking up the theoretical concepts expressed in the previous chapter, the following is the reconstruction of the acquisitions made during the surveys carried out in Valle MAIRA and specifically in CASA CORTE of the municipality of Canosio, and of the elaborations carried out later, for the purpose of this thesis.

The survey campaign was carried out by the Team Direct, of the Politecnico di Torino. The student team along with the professors and other delegates interfaces with the work of research carried out by the Department of Architecture and Design (DAD).

The survey took place from 14 to 16 of July 2021, where we the authors of the thesis, participated to the site works as students component of the DIRECT team. The main aim was to survey the junction between the 3 mountain communities: Unione Montana Valle Maira, Unione Montana valle Grana, and the Unione Montana Valle Stura, which is the “**Gardetta Plateau**”. The results of the project are expected to be published on the Google arts and culture web pages, for which Google has also expressed a great interest.

LA STRATEGIA DI RILIEVO GEOMATICO UTILIZZATA PER IL RILIEVO 3D DI CASA CORTE, CANOSIO

Riprendendo i concetti teorici espressi nel capitolo precedente, di seguito si ricostruiscono le acquisizioni effettuate durante i rilievi effettuati in Valle MAIRA e nello specifico in CASA CORTE, nel comune di Canosio, e le elaborazioni effettuate successivamente, ai fini della presente tesi.

La campagna di rilevamento è stata condotta dal Team Direct del Politecnico di Torino. Il team di studenti insieme ai professori e ad altri collaboratori che si interfacciano con il lavoro di ricerca svolto dal Dipartimento di Architettura e Design (DAD).

Il sopralluogo si è svolto dal 14 al 16 luglio 2021, dove noi autori della tesi abbiamo partecipato ai lavori di cantiere come studenti componenti del team DIRECT. L'obiettivo principale era quello di rilevare il punto di congiunzione tra le 3 comunità montane: Unione Montana Valle Maira, Unione Montana valle Grana, e l'Unione Montana Valle Stura, che consiste essere “ **l'Altopiano della Gardetta**”. I risultati del progetto dovrebbero essere pubblicati sulle pagine web di Google arts and culture, per le quali anche Google ha espresso un grande interesse.

Objectives of the survey:

- Italian geological heritage
- Heritage fortification of La Truna (a 19th century emergency bivouac)
- Heritage Fortification of the defence structures of the 18th - 20th century, that are the Bunkers for the French forces barrage, just after the Gardetta pass.
- Settlement Heritage, the Casa Corte of Canosio commune.

The Survey for Canosio, Casa Corte to be precise was included as a collateral to study in depth an example of the typical architecture of canosio and also provide a proposal to deal with the problem of de-population faced in Canosio of Valle Maira.

The site visit was planned in a way that all the objectives are covered in a period of three days. The works were divided into phases.

Phase 1: Gardetta

Phase 2: Canosio

Obiettivi dell'indagine:

- Patrimonio geologico italiano
- Fortificazione del patrimonio de La Truna (bivacco di emergenza del XIX secolo)
- Patrimonio fortificato delle strutture difensive del XVIII-XX secolo, che costituiscono i Bunker per lo sbarramento delle forze Francesi, subito dopo il passo della Gardetta.
- Patrimonio insediativo, la Casa Corte del comune di Canosio.

L'indagine per Canosio, Casa Corte per l'esattezza, è stata inserita come collaterale per approfondire un esempio dell'architettura tipica di Canosio e fornire anche una proposta per affrontare il problema dello spopolamento di Canosio in Valle Maira.

Il sopralluogo è stato pianificato in modo da coprire tutti gli obiettivi nell'arco di tre giorni.

I lavori sono stati suddivisi in fasi.

Fase 1: Gardetta

Fase 2: Canosio

3.1 TOPOGRAPHIC NETWORK AND GNSS.

The first step for the survey of Casa Corte was to set up the topographic network with the help of GNSS receivers.

The choice of the position of the vertices is dictated by the need to have no obstructions in order to receive the signal from satellites and avoid noise errors in the signal reception.

In this phase it is very important to have the realization of the monographs, where through the direct measurement of at least three distances will be possible find the point even after a long time, during a subsequent survey campaign.

The image shown here show the evolution of the procedures that have been carried out for “Casa Corte” in the municipality of Canosio. All vertices are measured via setup of the GeoMax GNSS receiver, while for topographic survey it is Leica motor TS16 MultiStation used. For the operation two receivers are used. The position of the tripod, on which the station is placed, must aim to achieve the verticality of the main axis with the point materialized on the ground. For a centering on the ground point, it is mandatory to make use of optical plummet, if the plane of rotation of the main axis of theodolite is horizontal. After putting the measuring instrument in the station it is necessary to carry out the measurements of the other vertices through the positioning of the prism, installed on a tripod. the main goal of the control network of vertices is to refer the whole survey to a unique reference system of coordinates . At the same time,

3.1 RETE TOPOGRAFICA E GNSS.

Il primo passo per il rilievo di Casa Corte è stato quello di impostare la rete topografica con l'aiuto di ricevitori GNSS.

La scelta della posizione dei vertici è dettata dalla necessità di non avere ostruzioni per poter ricevere il segnale dai satelliti ed evitare errori di rumore nella ricezione del segnale.

In questa fase è molto importante la realizzazione delle monografie, dove, attraverso la misura diretta di almeno tre distanze sarà possibile ritrovare il punto anche a distanza di tempo, durante una successiva campagna di rilevamento.

L'immagine qui riportata mostra l'evoluzione delle procedure che sono state eseguite per “Casa Corte” nel comune di Canosio. Tutti i vertici sono misurati tramite l'impostazione del ricevitore GNSS GeoMax, mentre per il rilievo topografico è stato utilizzato il motore Leica TS16 MultiStation. La posizione del treppiede, su cui viene posizionata la stazione, deve essere finalizzata a raggiungere la verticalità dell'asse principale con il punto materializzato a terra. Per la centratura del punto a terra, è obbligatorio utilizzare un piombino ottico, se il piano di rotazione dell'asse principale del teodolite è orizzontale. Dopo aver posizionato lo strumento di misura nella stazione, è necessario effettuare le misure degli altri vertici attraverso il posizionamento del prisma, installato su un treppiede. L'obiettivo principale della rete di controllo dei vertici è quello di riferire l'intero rilievo a un unico sistema di coordinate di riferimento. Allo stesso tempo,

other operators have the task of place markers in the area to be detected. The markers are of the square-shaped elements divided into four dials, two black and two white, positioned in a checkerboard pattern, which cover the various important areas. They will serve both to optimize the photogrammetric orientation of images and also for the TLS point cloud registration, for data processing and error checking, in order to avoid the propagation of the error. Also, the GCP (ground control points) contribute to avoid the error propagation in the detailed survey.

Regarding Casa Corte, the markers have been positioned with two different criterias, those leaning against the walls of the house were measured with the total station and those coordinates are necessary for the detailed survey performed with laser scanner and terrestrial photogrammetry.

while other markers, larger in size, are placed on the ground were measured with the system for aerial photogrammetry performed with the drone. Also, in the neighbouring area of the house a small structure was measured with some small markers which were positioned on the walls as well as on the ground near-by to be able to have the georeferenced data of the laser scanner, positioned in a very dense natural environment and not easy to read.

To summarize, in general the markers serve for the processing of the photogrammetric and laser scanning survey, through the geo-referencing of the acquired data.

As far as the operational phase is concerned, it will be necessary to insert into the station system the instrumental height of the station, and the

altri operatori hanno il compito di posizionare i marcatori nell'area da rilevare. I marcatori sono elementi di forma quadrata suddivisi in quattro quadranti, due neri e due bianchi, posizionati a scacchiera, che coprono le varie aree importanti. Serviranno sia per ottimizzare l'orientamento fotogrammetrico delle immagini sia per la registrazione della nuvola di punti TLS, per l'elaborazione dei dati e per il controllo degli errori, al fine di evitare la propagazione dell'errore. Inoltre, i GCP (ground control points) contribuiscono a evitare la propagazione dell'errore nel rilievo dettagliato.

Per quanto riguarda Casa Corte, i marker sono stati posizionati con due criteri diversi: quelli appoggiati alle pareti della casa sono stati misurati con la stazione totale e le loro coordinate sono necessarie per il rilievo dettagliato eseguito con il laser scanner e la fotogrammetria terrestre. Inoltre, nell'area vicina alla casa, una piccola struttura è stata misurata con alcuni piccoli marker che sono stati posizionati sui muri e sul terreno nelle vicinanze, per poter avere i dati georeferenziati del laser scanner, posizionato in un ambiente naturale molto denso e di non facile lettura.

Riassumendo, in generale i marker servono per l'elaborazione del rilievo fotogrammetrico e laser scanner, attraverso la georeferenziazione dei dati acquisiti.

Per quanto riguarda la fase operativa, sarà necessario inserire nel sistema di stazioni l'altezza strumentale della stazione e l'altezza del prisma

height of the prism measured, on the basis of the orientation and direct measurement made previously.

Then with the total station we have the task of collimating all the markers, i.e. the meeting point of the quadrants, by marking on the corresponding eidotypes the name or the number that are assigned, so as to then easily find the location of the various points in the processing phase.

About data processing, it is necessary to specify that the coordinates used will be "truncated", i.e. Undergo a spatial translation, with the aim of making the data and their positioning more manageable.

misurata, sulla base dell'orientamento e della misura diretta effettuata in precedenza.

Poi con la stazione totale abbiamo il compito di collimare tutti i marker, cioè il punto di incontro dei quadranti, segnando sugli eidotipi corrispondenti il nome o il numero che vengono assegnati, in modo da ritrovare poi facilmente la posizione dei vari punti in fase di elaborazione.

A proposito dell'elaborazione dei dati, è necessario specificare che le coordinate utilizzate saranno "troncate", cioè subiranno una traslazione spaziale, con l'obiettivo di rendere più gestibili i dati e il loro posizionamento.

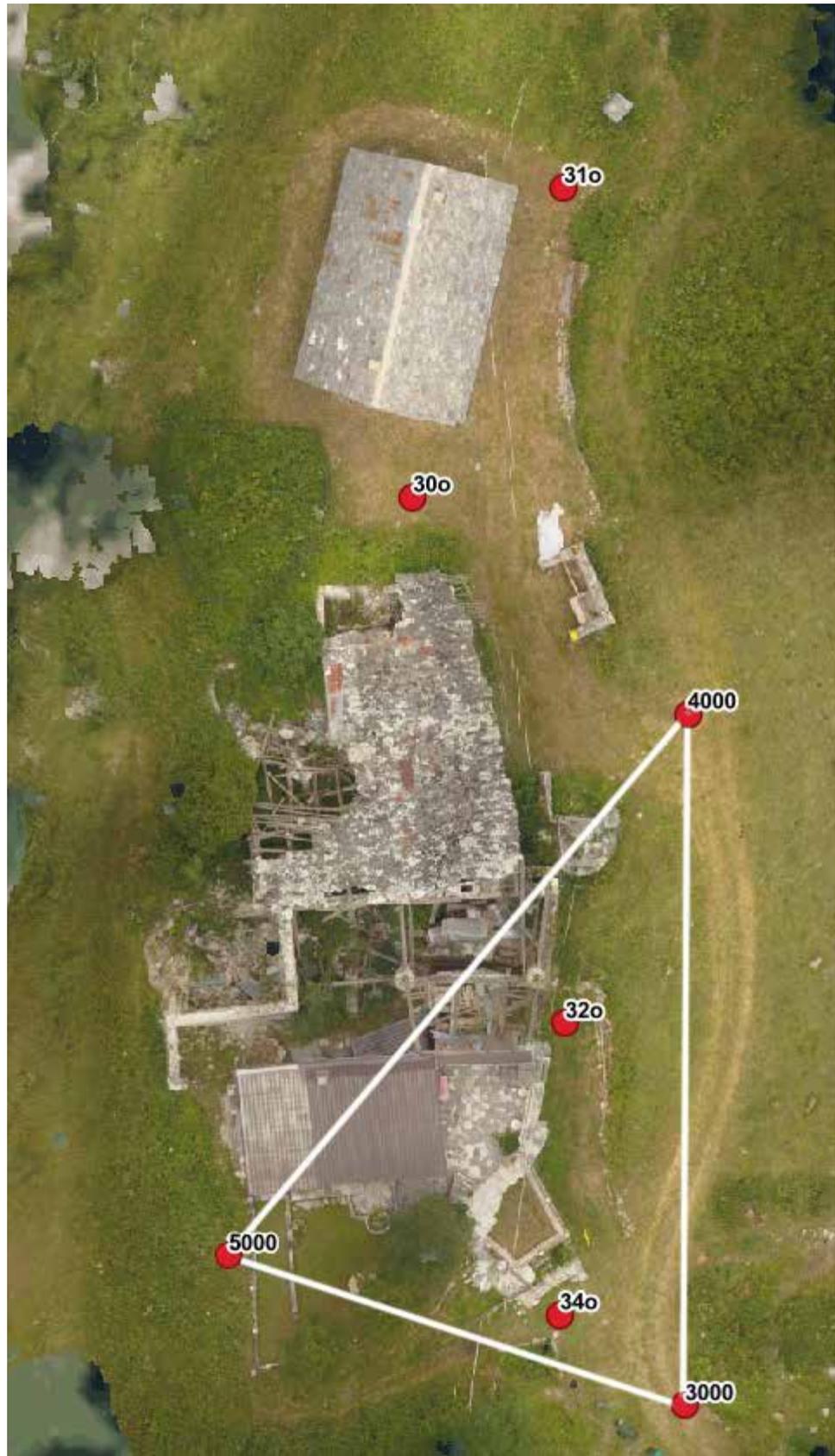


Fig.3.01- *The topographic network & position of vertices in Casa Corte.*

3.2 PHOTOGRAMMETRY

a) Flight Planning

The area for Casa corte, in the municipality of canosio, was detected through two flights using the UAV.

The flights were planned at an average height of 17.1 meters. The first flight planned was a general flight over the whole area of Casa Corte, which captured the Planar surface of the region, with the nadir images. The second flight was an oblique flight, which helped us to capture the facades of the structure.

The UAV drone used for this purpose was DJI Mavic Pro. The flight carried out was a manual drone flight and not an automated one. This was done because the entire area of Casa Corte sits on a steep terrain with a surrounding of many trees. This increases the risk of the drone getting damaged or capturing incorrect areas that are not required for the survey.

3.2 FOTOGRAMMETRIA

a) Pianificazione del volo

L'area di Casa corte, nel comune di Canosio, è stata rilevata attraverso due voli usando l'UAV.

I voli sono stati pianificati a un'altezza media di 17,1 metri. Il primo volo previsto è stato un volo generale su tutta l'area di Casa Corte, che ha catturato la superficie planimetrica della regione, con le immagini al nadir. Il secondo volo è stato un volo obliquo, che ci ha permesso di catturare le facciate della struttura.

Il drone UAV utilizzato a tale scopo è stato il DJI Mavic Pro. Il volo effettuato è stato un volo manuale del drone e non automatizzato. Questo perché l'intera area di Casa Corte si trova su un terreno scosceso e circondato da molti alberi. Questo aumenta il rischio che il drone si danneggi o che catturi aree non corrette che non sono necessarie per il rilievo.

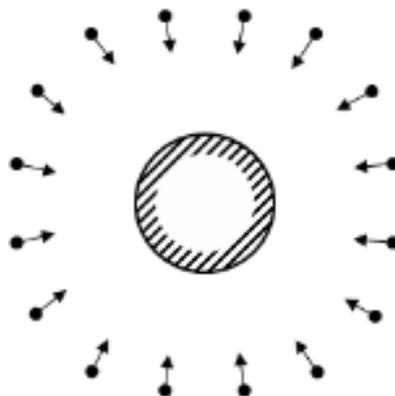


Fig.3.02- Illustration showing a manual drone flight using DJI Mavic PRO. Image from Digital Photogrammetry and images capturing_Politecnico di Torino.a2020-21_Nannina Spano

The DJI Mavic Pro was used to survey and capture the Casa Corte, located in the commune of Canosio. Two flights were carried out at an altitude of 17.1 meters, capturing 513 photographs, that covered both the nadir as well as the oblique images required for the elaboration of the survey.

Il DJI Mavic Pro è stato utilizzato per il rilievo e l'acquisizione della Casa Corte, situata nel comune di Canosio. Sono stati effettuati due voli ad un'altitudine di 17,1 metri, catturando 513 fotogrammi, che hanno coperto sia il nadir sia le immagini oblique necessarie per l'elaborazione del rilievo.



Fig.3.03 - Image of the DJI MAVIC PRO drone.

• **DJI MAVIC PRO**

TYPE OF DRONE	Quadricopter Drone
DIMENSIONS	83 x 83 x 198 mm (When locked)
MAXIMUM DESCENT SPEED	3 m/s
MAXIMUM CLIMB SPEED	5 m/s
WEIGHT	743 grams (Including battery & propellers)
MATERIAL	Titanium - Magnesium
CAMERA LENS	FOV 78.8° 26mm (35mm equivalent) f/2.2
BATTERY LIFE	27 minutes

Fig.3.04 - Table showing the specifications for DJI Mavic Pro.



Fig.3.05- Photogram acquired with the DJI Mavic pro in Casa Corte, Canosio.

Fig.3.06- Photogram acquired with the DJI Mavic pro in Casa Corte, Canosio.

b) Elaboration of the data

In this part of the chapter, we will go through the processes carried out during the elaboration of the photograms obtained at the Casa Corte with the help of DJI Mavic Pro drone.

The elaboration of the frames was carried out through the use of Agisoft Metashape software, which allows us with the help of images to generate:

- Point clouds
- Textured mesh
- Digital Terrain Model (DTM)
- Orthophotos

The images captured in the area are numerous. For this reason, we decided to delete some images before importing them into the software, as the file gets very heavy for the software to perform at its best. 513 frames were imported into the program.

b) Elaborazione dei dati

In questa parte del capitolo, ripercorreremo i processi effettuati durante l'elaborazione dei fotogrammi ottenuti a Casa Corte con l'ausilio del drone DJI Mavic Pro.

L'elaborazione dei fotogrammi è stata effettuata attraverso l'uso del software Agisoft Metashape, che ci permette con l'aiuto delle immagini di generare:

- Nuvole di punti
- mesh texturizzate
- Modello digitale del terreno (DTM)
- Ortofoto

Le immagini acquisite nell'area sono numerose. Per questo motivo, abbiamo deciso di eliminare alcune immagini prima di importarle nel software, poiché il file diventa molto pesante per consentire al software di funzionare al meglio. Sono stati importati nel programma 513 fotogrammi.



Fig.3.07- Logo of the software agisoft metashape.

The first step is the alignment of the images. Using the images, during this process the binding points between the images are recognized and the tie points are defined. The calculation of the position of the center of capture is carried out, and the first point cloud is generated.

For the alignment, Accuracy parameters controls the quality of the image used for computation:

from the original size (high) to a downscaled version by factor of 64 (lowest). For our process we go for the medium accuracy.

Il primo passo è l'allineamento delle immagini. Utilizzando le immagini, durante questo processo vengono riconosciuti i punti di legame tra le immagini e vengono definiti i punti di vincolo. Si calcola la posizione del centro di cattura e si genera la prima nuvola di punti.

Per l'allineamento, i parametri di accuratezza controllano la qualità dell'immagine utilizzata per il calcolo:

dalla dimensione originale (alta) a una versione ridimensionata di un fattore 64 (bassa). Per il nostro processo optiamo per un'accuratezza media.

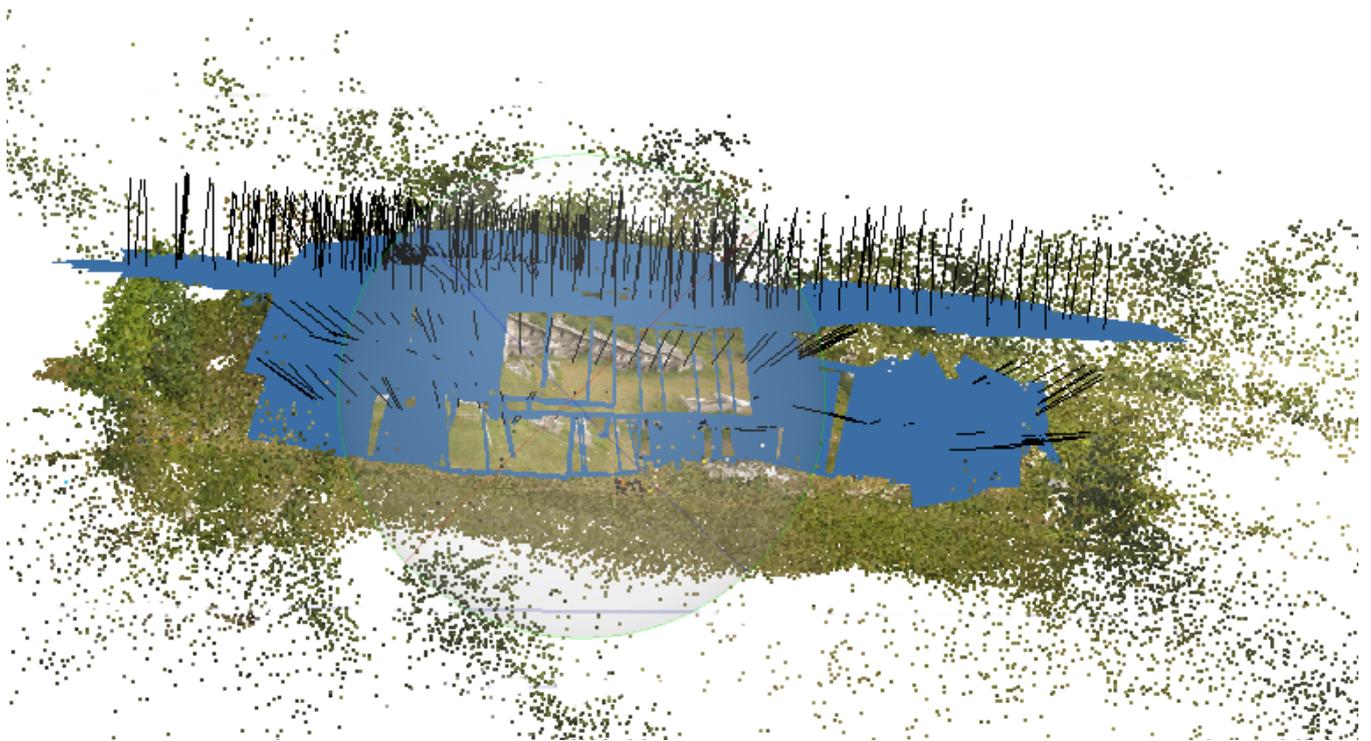


Fig.3.08- *Dense Cloud and the Frames from flight height of 17.1 meters.*

Following the alignment, we shall have a scattered cloud that is georeferenced on the basis of the geotag system images. It is necessary to ensure that the model is in the system of coordinates that is calculated through the RTK system, with the help of the markers that perform the function of the ground control points (GCP). Before importing the coordinates file, it is necessary to do the Truncation. These truncated coordinates will also be used for the Laser scanner and the terrestrial photogrammetry.

After this first phase, the points on the ground and the facades of Casa Corte. The markers are well distributed in the area of interest. The points/markers are recognized in several pictures so as to make the collimation more precise.

The process of collimation is manual and the points are to be placed on the markers that are clear, so that the process is accurate. The problem we face during this process was that after collimating the markers in many pictures, due to the lack of accuracy, the errors were increasing, in place of decreasing. This was because, some markers are not clearly visible in the photo frames, which lead the software to greater errors. To overcome this, we remove the points placed in the markers that are not clearly visible or the ones that are skewed.

After performing this manual process of collimation and point selection, we can check for the residual errors if they are small or large. If the errors are sufficiently small, we move on to the generation of the dense cloud, the mesh and the textured mesh.

Dopo l'allineamento, avremo una nuvola sparsa che viene georeferenziata sulla base delle immagini del sistema di geotag. È necessario assicurarsi che il modello si trovi nel sistema di coordinate calcolato attraverso il sistema RTK, con l'aiuto dei marcatori che svolgono la funzione di punti di controllo a terra (GCP). Prima di importare il file di coordinate, è necessario eseguire il troncamento. Queste coordinate troncate saranno utilizzate anche per il laser scanner e la fotogrammetria terrestre.

Dopo questa prima fase, i punti sul terreno e sulle facciate di Casa Corte. I marcatori sono ben distribuiti nell'area di interesse. I punti/marcatori vengono riconosciuti in diverse immagini in modo da rendere più precisa la collimazione.

Il processo di collimazione è manuale e i punti devono essere posizionati sui marker che sono chiari, in modo che il processo sia accurato. Il problema che abbiamo incontrato durante questo processo è stato che, dopo aver collimato i marcatori in molte immagini, a causa della mancanza di precisione, gli errori aumentavano, invece di diminuire. Questo perché alcuni marcatori non sono chiaramente visibili nelle cornici delle foto, il che porta il software a commettere errori maggiori. Per ovviare a questo problema, abbiamo rimosso i punti posizionati nei marcatori che non sono chiaramente visibili o quelli che sono inclinati.

Dopo aver eseguito questo processo manuale di collimazione e selezione dei punti, possiamo verificare se gli errori residui sono piccoli o grandi. Se gli errori sono sufficientemente piccoli, si passa alla generazione della nuvola densa, della mesh e della mesh texturizzata.

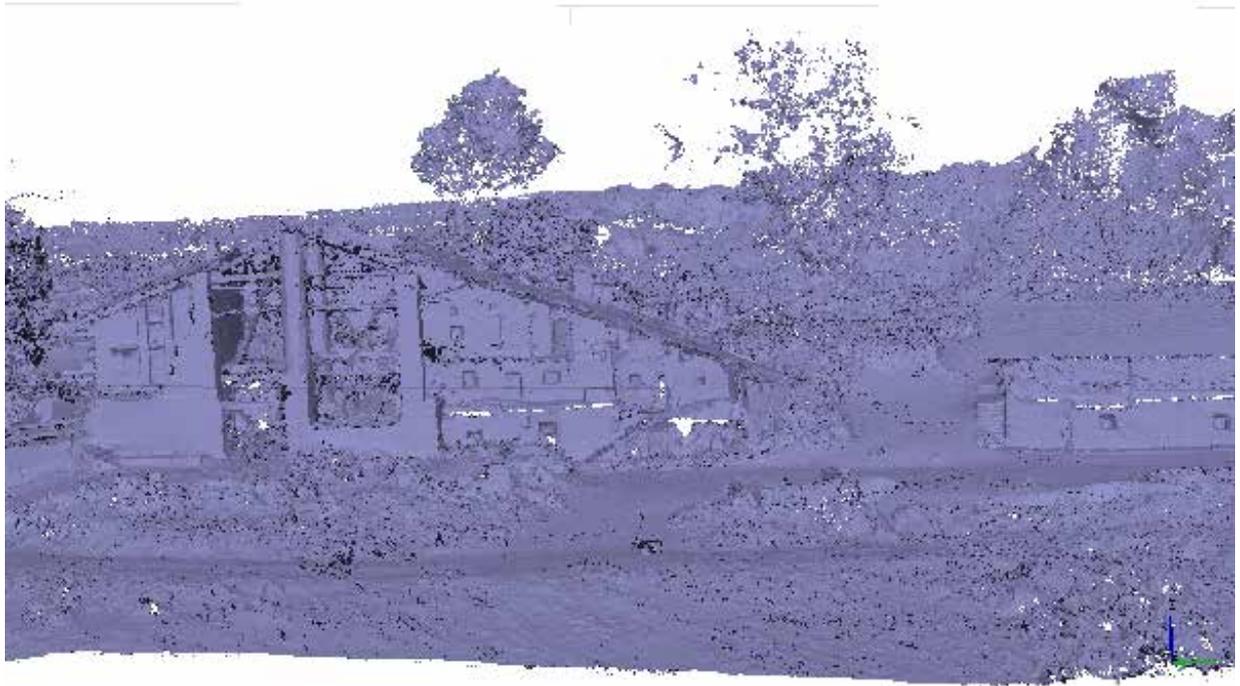


Fig.3.09- *Built Mesh*



Fig.3.10- *Built Mesh Texture*

The image on the right dictates the locations of the cameras and the image overlap. The results show that the range of overlap achieved is of a higher quality which is useful for us to capture as many details as possible.

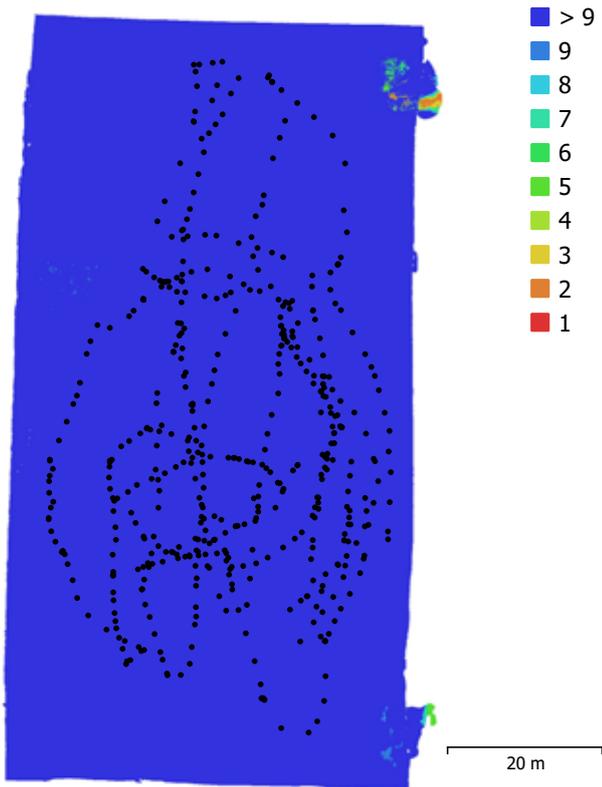
For the Ground Control points, as the image shows, Z error is represented by ellipse color, while the X, Y errors are represented by ellipse shape. The estimated GCP locations are marked with a dot or crossing. The total error in the GCP is 1.843 cms and the average residuals from the check points is 2.704 cms which is good considering the current state of Casa Corte.

The image below (FIG.3.11) represents the DEM model. A Digital Elevation Model is a representation of the topographic surface of area covered by the aerial photogrammetric survey. As we can see the topography has a range of approximately 0.02 km, which shows how steep the levels are.

L'immagine a destra indica la posizione delle telecamere e la sovrapposizione delle immagini. I risultati mostrano che la gamma di sovrapposizione ottenuta è di qualità superiore, utile per catturare il maggior numero possibile di dettagli.

Per i punti di controllo a terra, come mostra l'immagine, l'errore Z è rappresentato dal colore dell'ellisse, mentre gli errori X e Y sono rappresentati dalla forma dell'ellisse. Le posizioni stimate dei GCP sono contrassegnate da un punto o da una croce. L'errore totale dei GCP è di 1,843 cm e la media dei residui dei punti di controllo è di 2,704 cm, un valore buono se si considera lo stato attuale di Casa Corte.

L'immagine sottostante rappresenta il modello DEM. Un modello digitale di elevazione è una rappresentazione della superficie topografica dell'area coperta dal rilievo fotogrammetrico. Come si può vedere, la topografia ha un'escursione di circa 0,02 km, il che dimostra quanto siano ripidi i livelli.

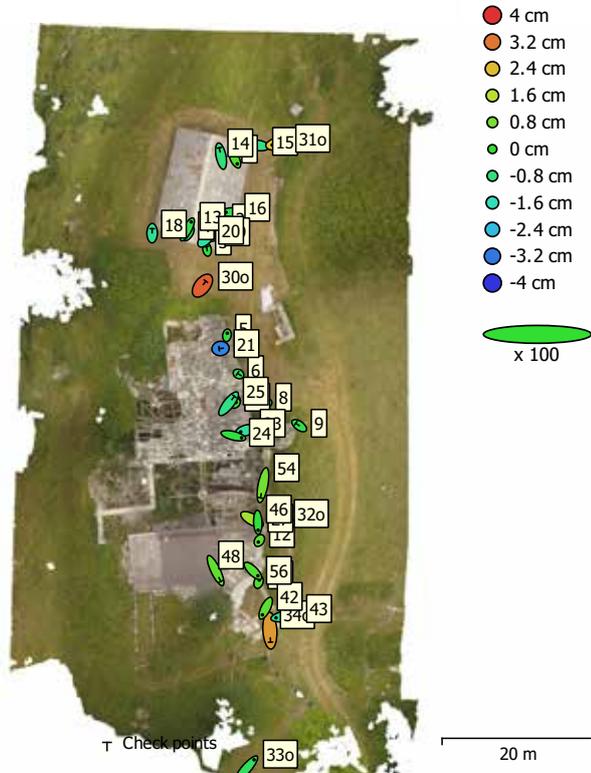


CAMERA LOCATION & IMAGE OVERLAP

Number of images: 513
 Flying altitude: 17.1 m
 Ground resolution: 5.29 mm/pix
 Coverage area: 5.15e+03 m²
 Camera stations: 513
 Tie points: 1,090,849
 Projections: 3,712,773
 Reprojection error: 1.32 pix

Fig. 1. Camera locations and image overlap.
 Fig.3.12- Image showing the camera location & image overlap for casa corte

GROUND CONTROL POINTS & CHECK POINTS



Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
23	1.23324	1.03156	0.902483	1.6078	1.84377

Table 3. Control points RMSE.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
12	0.896661	1.89832	1.70564	2.09944	2.70496

Table 4. Check points RMSE.

Fig. 3. GCP locations and error estimates.
 Fig.3.13- Image showing ground control points & check points for casa corte

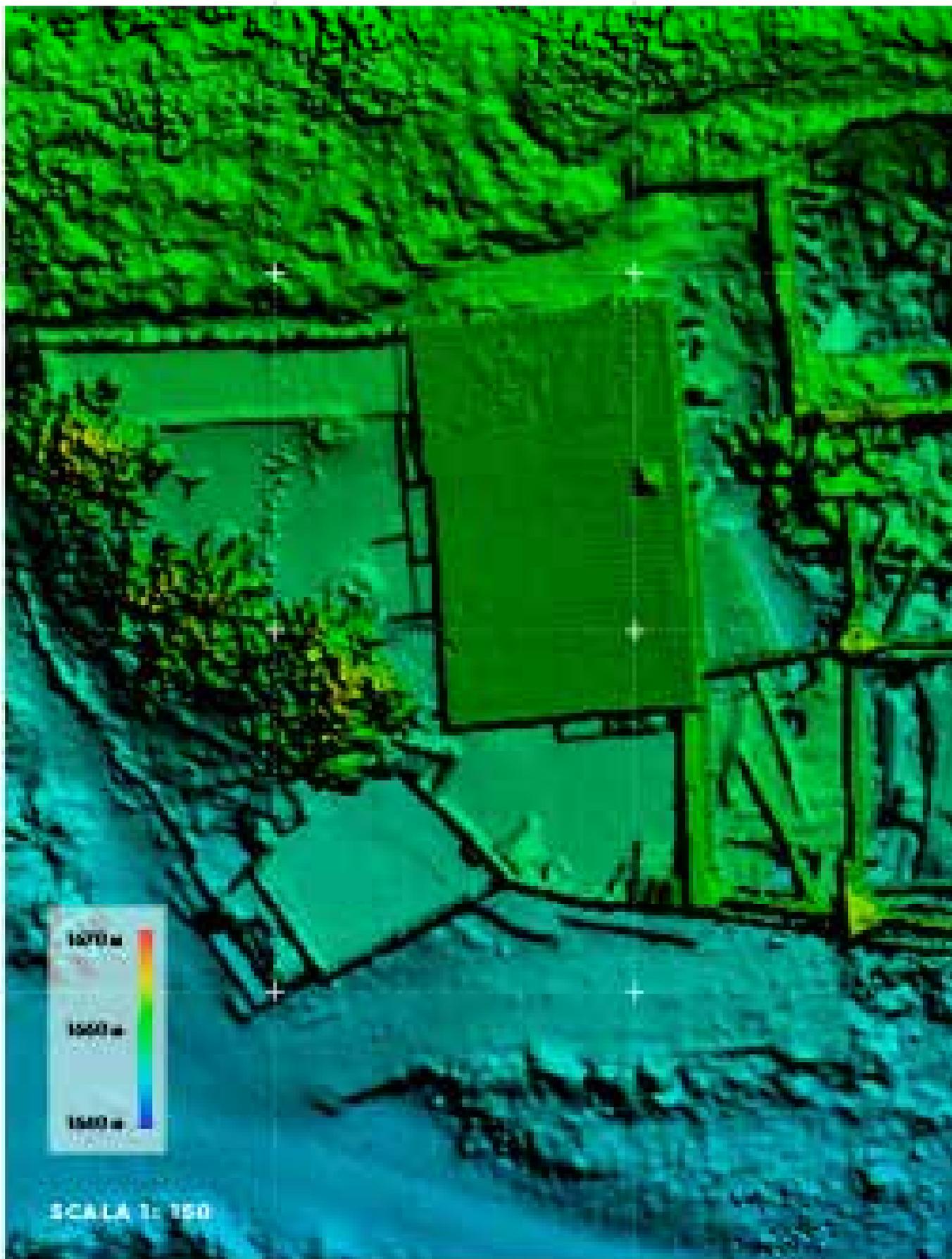
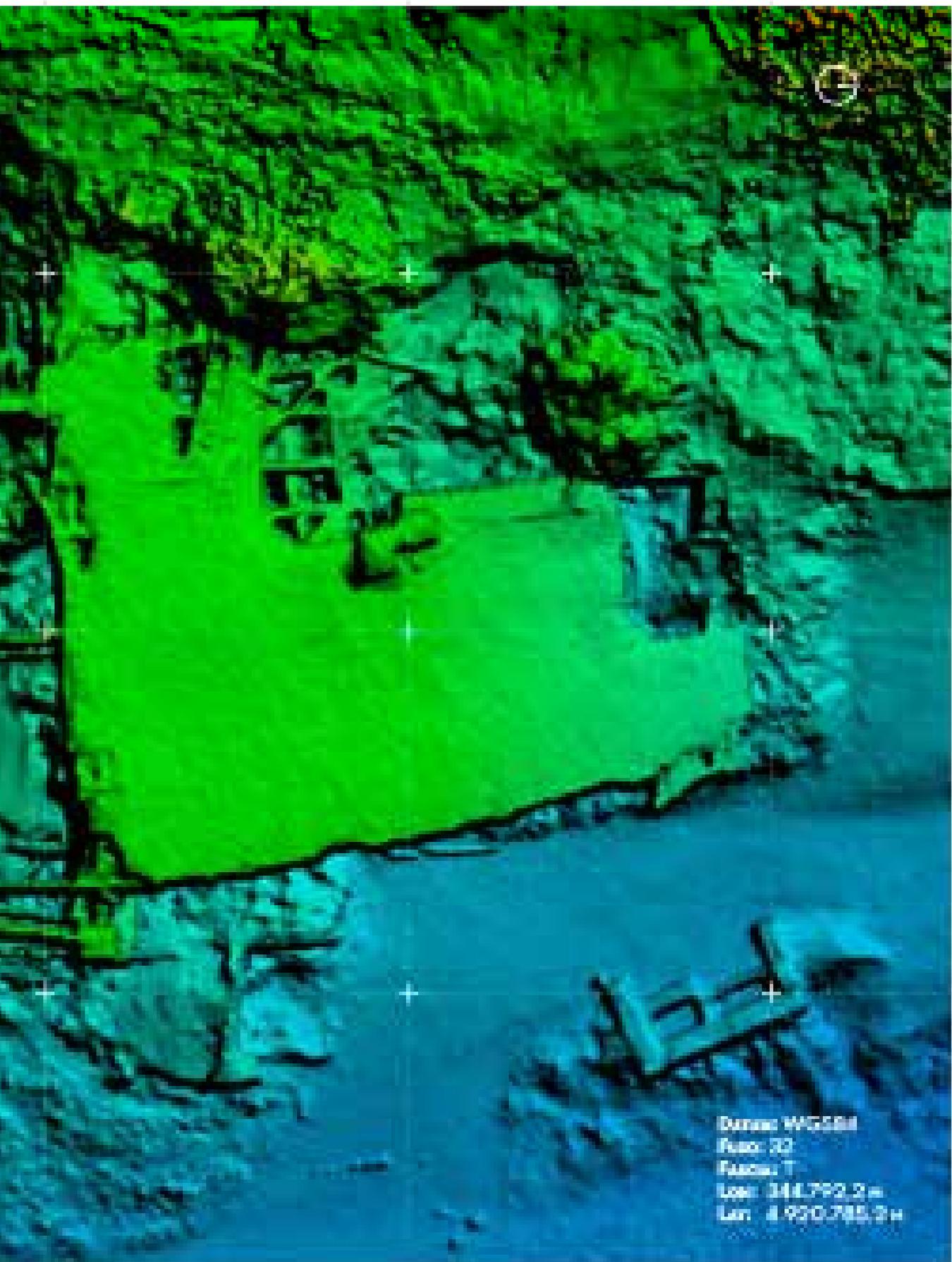


Fig.3.11- DEM for Casa Corte, generated from Agisoft Metashape software



Datum: WGS84
Fuso: 33
Fuso: 7
Long: 348.793, 2 m
Lat: 4.990.785, 2 m

The next phase involves the generation of the Orthophoto (FIG. 3.14). The importance of the orthophoto is that it is a georeferenced file. This is important for us because we can use the orthophoto in a GIS environment for updating the cartography of Casa Corte and the municipality of Canosio. Also, the orthophoto is used by us to generate an accurate Site plan by rastering it on AutoCAD. This site plan can act as a base for the design phase of the thesis, as it consists of all the details about the current state of Casa Corte and helps us to understand with an overview, the parts of the structure that are in ruins and gives us a basic idea how the construction techniques followed for Casa Corte.

La fase successiva prevede la generazione dell'ortofoto (FIG. 3.14). L'importanza dell'ortofoto è che si tratta di un file georeferenziato. Questo è importante per noi perché possiamo utilizzare l'ortofoto in un ambiente GIS per aggiornare la cartografia di Casa Corte e del comune di Canosio. Inoltre, l'ortofoto viene utilizzata per generare una planimetria accurata rasterizzandola su AutoCAD. Questa planimetria può fungere da base per la fase di progettazione della tesi, in quanto è costituita da tutti i dettagli sullo stato attuale di Casa Corte e ci aiuta a capire, con una visione d'insieme, le parti della struttura che sono in rovina e ci dà un'idea di base delle tecniche costruttive seguite per Casa Corte.



Fig.3.14- *Orthophoto of Casa Corte*



Dataset: WGS84
Elev: 70
Format: T
Lon: 348.792, 2 m
Lat: 4.920.785, 2 m

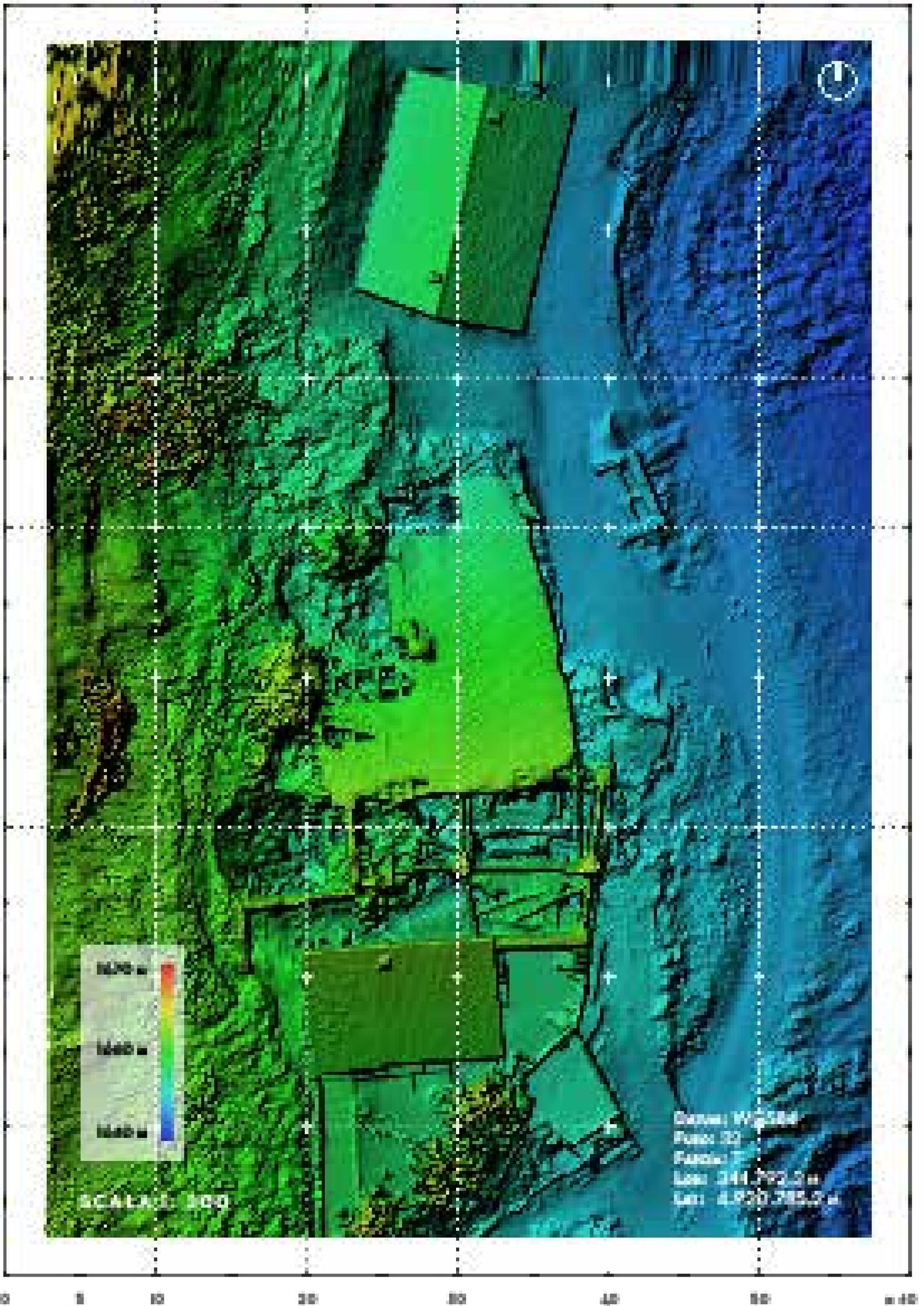


Fig.3.15 -Dem and Orthophoto of Casa Corte 1:300 Scale

1



SCALA 1:300

Dato: 19/03/11
Fase: 22
Foglio: 1
Lato: 144,700 2m
Lato: 4800,280 2m

3.3 LIDAR TECHNOLOGY

3.3 TECNOLOGIA LIDAR



The survey by the laser Scanner were obtained by the means of TLS Faro X120 and TLS Faro X330 instruments. The main area of focus again for us was Casa Corte in the municipality of Canosio.

For the Laser scans, the eidotypes are important as they are the representation that help us recognize the position of the control points and the position of the markers placed in the field. The positioning of a laser scanner should be well thought off as it should obtain the most information and help us to decide the number of scans. It is not important to get more number of scans but to obtain more information with a controlled number of scans. Another thing to take into account is the markers placed in the area and measured by total station. It is very necessary that each scan has at least a minimum of 3 markers visible, in order to allow the roto-translation of the scans according to the coordinates measured for the same points. Also, we will use the scan to scan strategy with the help of the ICP (iterative closest points)algorithm, to reduce the difference between two point clouds.

I rilievi con il laser scanner sono stati ottenuti con gli strumenti TLS Faro X120 e TLS Faro X330. Anche in questo caso l'area principale di interesse è stata Casa Corte nel comune di Canosio.

Per le scansioni laser, gli eidotipi sono importanti in quanto sono la rappresentazione che ci aiuta a riconoscere la posizione dei punti di controllo e la posizione dei marker posizionati sul campo. Il posizionamento di un laser scanner deve essere ben ponderato in quanto deve ottenere il maggior numero di informazioni e aiutarci a decidere il numero di scansioni. Non è importante ottenere un numero maggiore di scansioni, ma ottenere più informazioni con un numero controllato di scansioni. Un'altra cosa da tenere in considerazione sono i marker posizionati nell'area e misurati dalla stazione totale. È necessario che ogni scansione abbia almeno 3 marker visibili, per consentire la rototraslazione delle scansioni in base alle coordinate misurate per gli stessi punti. Inoltre, utilizzeremo la strategia scan to scan con l'aiuto dell'algoritmo ICP (iterative closest points), per ridurre la differenza tra due nuvole di punti.

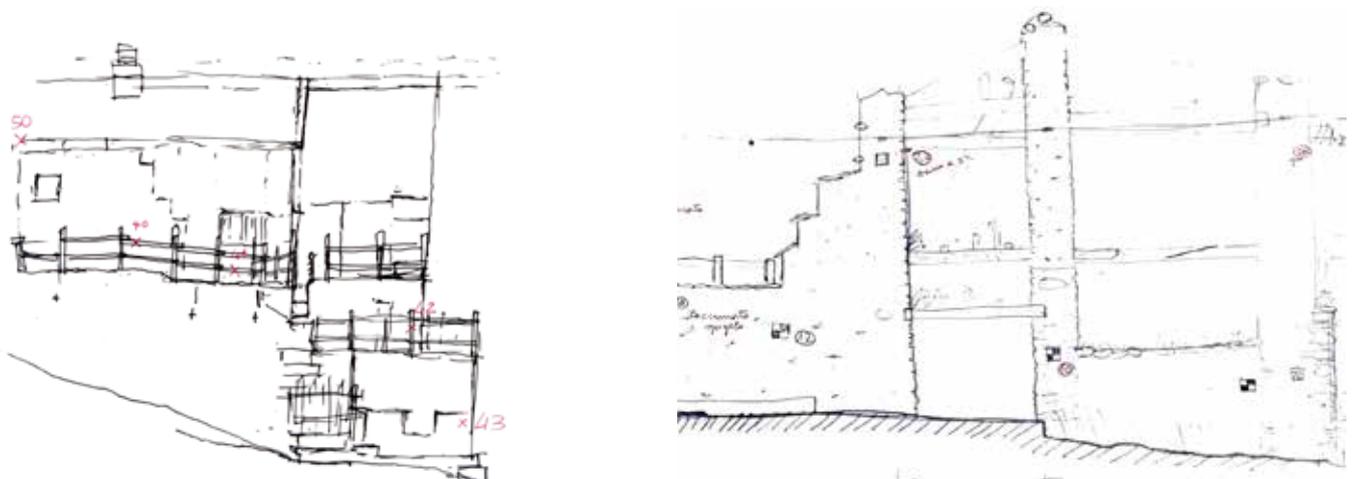


Fig.3.16- Eidotypes made on site before the acquisition of the scans.

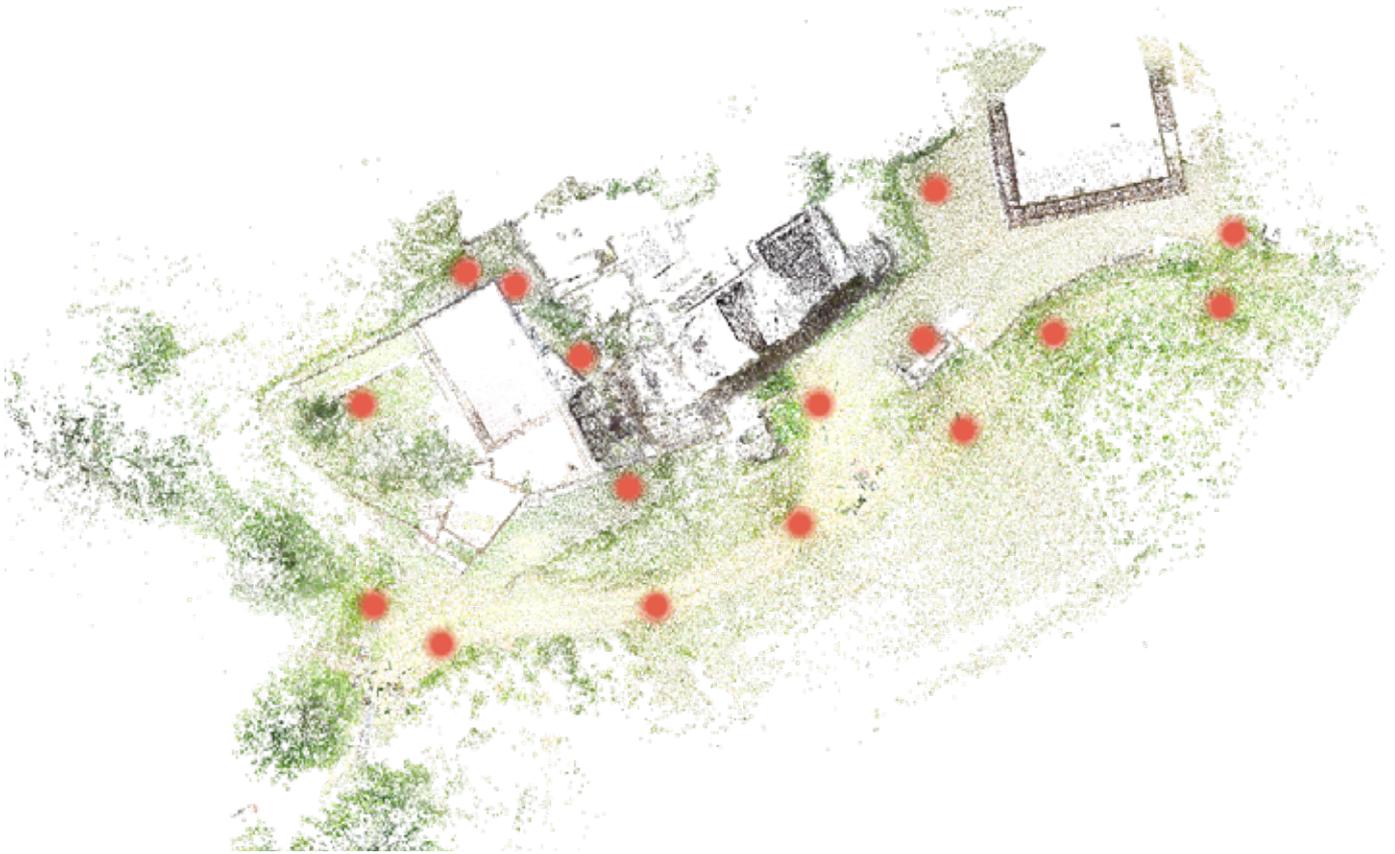


Fig.3.17- *Illustration of the Position of the laser scanners for Casa Corte*

The acquisition is made with the help of a laser scanner, the digital camera inside the device allows the association between each point and its corresponding chromatic value. At the end of the acquisition process the cloud will be characterized by coordinates in reference to the center of the laser scanning instrument and also with an RGB value. This is because a laser scanner acquires both metric and radiometric data.

L'acquisizione avviene con l'ausilio di uno scanner laser, la fotocamera digitale all'interno del dispositivo permette di associare a ogni punto il suo corrispondente valore cromatico. Al termine del processo di acquisizione la nuvola sarà caratterizzata da coordinate in riferimento al centro dello strumento di scansione laser e anche da un valore RGB. Questo perché un laser scanner acquisisce sia dati metrici che radiometrici.

Registration of the scans

Once the scans are acquired, we proceed to the registration of the single scanned clouds in order to obtain an overall point cloud of Casa Corte. The software used for this process is SCENE, from the same manufacturer of the FARO laser scanner used.

The scans are imported and grouped into different folders according to the spatial positions, that guarantees a better organization and management of data. In our case because the number of scans are more, we preferred to categorize into three folders. Subsequently, in order to view the data in the RGB format, the coloring of the scans is performed, where the images taken by the internal coaxial camera of the laser scanner are associated to the single points.

There were two processes done for the alignment of the scans.

The first process is alignment by shape or “Cloud to cloud”, where manual approaches are made between the scans so as to allow the software to recognize the planes and surfaces that they have in common. Also, as mentioned earlier, with the help of the ICP algorithm, we tried to minimize the difference in the alignment among the scans. During this procedure, for the optimization of the alignment, the number of iterations between the clouds was defined at 30 and the maximum search distance at 5 meters. This process was first performed in the three scan groups and then

Registrazione delle scansioni

Una volta acquisite le scansioni, si procede alla registrazione delle singole nuvole scansionate per poter ottenere una nuvola di punti complessiva del fabbricato Casa-Corte. Il software utilizzato per questo processo è SCENE, della stessa casa produttrice del laser FARO impiegato.

Si importano quindi le scansioni e si raggruppano in diverse cartelle, in base al posizionamento spaziale che garantisce una migliore organizzazione e gestione dei dati. In questo caso, visto il numero elevato di scansioni si è preferito dividerle in tre cartelle. Successivamente, per poter aver la visione del dato RGB, si esegue la colorazione delle scansioni, dove vengono associate ai singoli punti le immagini scattate dalla fotocamera coassiale interna del laser scanner.

I processi di allineamento delle scansioni eseguite sono stati due.

Durante il primo allineamento per forma o “nuvola a nuvola”, si eseguono degli avvicinamenti manuali tra le scansioni così da permettere al software il riconoscimento dei piani e delle superfici che queste hanno in comune. Inoltre, come già detto, con l’aiuto dell’algoritmo ICP, abbiamo cercato di minimizzare la differenza di allineamento tra le scansioni. Nel corso di questo procedimento, per l’ottimizzazione dell’allineamento è stato definito il numero di iterazioni tra le nuvole a 30 e la distanza massima di ricerca a 5 metri. Questo processo è stato eseguito prima nei tre gruppi di scansioni e poi

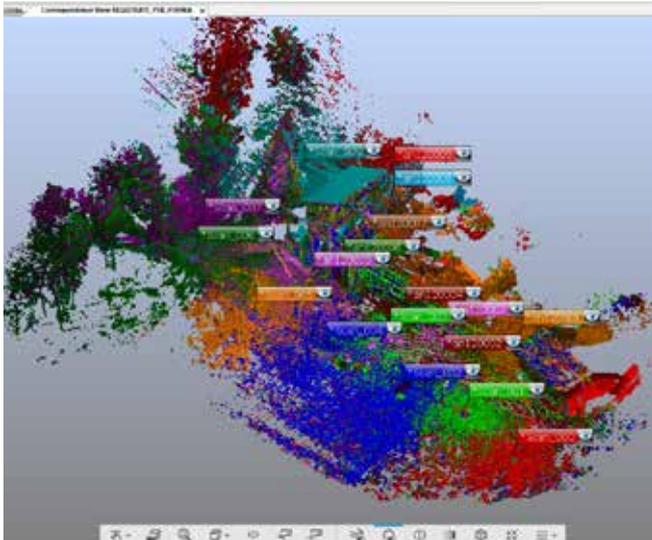


Fig. 3.18- Correspondence view of the 18 scans, registration by shape. Isometric view.

using all 18 scans, reporting a tension scan point of approximately 9.8 millimeters.

The other alignment process is based on collimating the targets, referred to so far as markers, so as to have the point cloud model georeferenced in the local reference system. It should be remembered that the coordinates referred to the markers that are to be entered into the software are those truncated earlier, as was the case with photogrammetric techniques. The cloud-to-cloud registration is blocked, so as to maintain that closeness between scans.

Then marker positions are to be entered, naming them with the numerical codes used in the similar operations performed with the total station, during the topographic survey.

To perform rototranslation of the final model, the coordinate file in .csv format must be entered into the software, so that 'target-based' scans can be recorded.

REGISTRAZIONE_PER_TARGET/REGISTRATE_PER_FORMA/ScanManager

ScanManager Scan Results Scan Point Tensions

Cluster/Scan 1	Cluster/Scan 2	Mean [mm]	< 4mm [%]	Overlap [%]	Used Point
Villeggio_scan...	Qalat.1_Scan_...	20.575	10.8	44.2	12366
Villeggio_scan...	Qalat.1_Scan_...	17.502	12.9	61.0	15121
Villeggio_scan...	Qalat.1_Scan_...	16.697	12.1	46.4	10540
Qalat.1_Scan...	Qalat.1_Scan_...	16.625	11.2	31.6	5462
Villeggio_scan...	Qalat.1_Scan_...	16.161	12.8	47.8	14359
Qalat.1_Scan...	Villeggio_scan1...	13.225	15.0	40.6	8451

Overall Statistics:

Mean: [mm]

< 4mm: [%]

Fig.3.19- Scan Points Tension with "Cloud to cloud" registration.

utilizzando tutte e 18 le scansioni del fabbricato, riportando una tensione dei punti di scansione di circa 9,8 millimetri.

L'altro processo di allineamento è basato sulla collimazione dei target, denominati fin ad ora marker, in modo tale da avere il modello della nuvola di punti georeferita nel sistema locale di riferimento. Occorre ricordare che le coordinate riferite ai marker che andranno inserite nel software sono quelle troncate in precedenza, com'era già accaduto per le tecniche fotogrammetriche. La registrazione nuvola a nuvola è bloccata, in modo da mantenere quell'avvicinamento tra le scansioni. Successivamente si vanno ad inserire le posizioni dei marker, nominandoli con i codici numerici impiegati nelle analoghe operazioni realizzate con la stazione totale, durante il rilievo topografico.

Per effettuare la rototraslazione del modello finale, occorre inserire nel software il file delle coordinate in formato .csv, in modo da poter eseguire la registrazione delle scansioni 'basato sui target'.

In order to optimize registration and obtain a scan placement that would return an acceptable result, nine markers were chosen evenly distributed along the building, thus achieving an average target tension of about 13 millimeters.

Al fine di ottimizzare la registrazione ed ottenere una collocazione delle scansioni che restituisse un risultato accettabile, sono stati scelti nove marker omogeneamente distribuiti lungo il fabbricato, ottenendo in questo modo una tensione media dei target di circa 13 millimetri.



Fig.3.20 -3D view of entire group of scans, position of measured markers.

/REGISTRAZIONE_PER_TARGET/ScanManager

ScanManager Scan Results Target Tensions

Full Hierarchy

Reference	Dis...	An...	Scan 1	Scan 2
10	28.78	---	Qalat.1_Scan_005	References
12	23.64	---	Qalat.1_Scan_005	References
2	17.43	---	Qalat.1_Scan_001	References
1	11.27	---	Qalat.1_Scan_000	References
6	10.41	---	Qalat.1_Scan_003	References
7	9.97	---	Qalat.1_Scan_003	References
8	8.03	---	Qalat.1_Scan_003	References
5	7.15	---	Villaggio_scan120002	References
9	3.25	---	Qalat.1_Scan_004	References
Inclinometer	---	0.188	Qalat.1_Scan_005	References
Inclinometer	---	0.069	Villaggio_scan120005	References
Inclinometer	---	0.021	Villaggio_scan120004	References
Inclinometer	---	0.218	Qalat.1_Scan_004	References

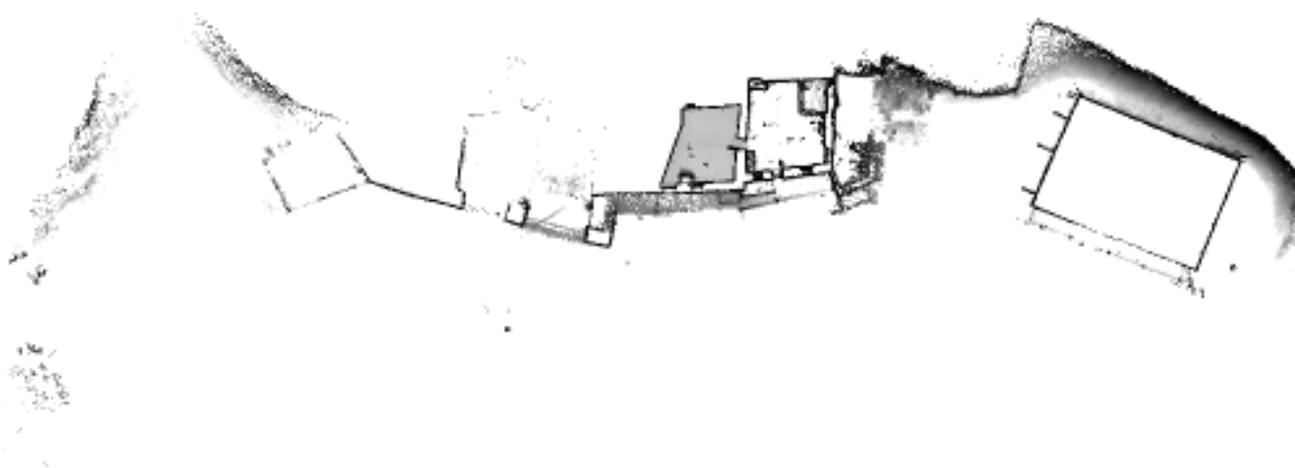
Distance / Angular Statistics

Mean:	13.33 [mm]	0.127 [°]	Deviation:	7.84 [mm]	0.089 [°]
Min:	3.25 [mm]	0.021 [°]	Max:	28.78 [mm]	0.349 [°]

Fig.3.21- Scan Target Tension with Target Registration.

3.4 MOBILE MAPPING SYSTEM

3.4 SISTEMA DI MOBILE MAPPING



Characteristics of the instrument used :

The MMS was performed using a very innovative tool. It is the Zeb-REVO scanner. It is a hand held instrument and the operator can walk through the desired area, while the device acquires data which is not usually obtained with the other survey instruments, and that too very rapidly.

The area surveyed using this instrument is the Casa Corte in Canosio, from the beginning of the house towards the small structure at the very end. One of the main objectives was to acquire the data of the interiors of Casa Corte and also acquire some details or areas of the house where major degradation has taken place.

Caratteristiche dello strumento utilizzato:

L'MMS è stato eseguito utilizzando uno strumento molto innovativo. Si tratta dello scanner Zeb-REVO. È uno strumento portatile e l'operatore può attraversare l'area desiderata, mentre il dispositivo acquisisce dati che di solito non si ottengono con gli altri strumenti di indagine, e per di più molto rapidamente.

L'area rilevata con questo strumento è la Casa Corte di Canosio, dall'inizio della casa fino alla piccola struttura in fondo. Uno degli obiettivi principali era quello di acquisire i dati degli interni di Casa Corte e anche di acquisire alcuni dettagli o aree della casa in cui si è verificato un forte degrado.



Fig.3.22- Zeb instrument in function at the area of Casa Corte

ZEB-REVO RT

The specifications for the instrument used are as under:

Le specifiche dello strumento utilizzato sono le seguenti:

Maximum range	Up to 30m in optimal conditions Typical max range 15-20m
Points per scan line	432 (0.625° interval)
Field of view	270° x 360°
Scan rate	100 lines/s 43200 points/s
Scan range noise	±30mm
Laser safety classification	CLASS I Laser Product (21 CFR 1040.10 and 1040.11)
Laser wavelength	905nm
Operating conditions	Temperature 0° C to +35° C Humidity – non condensing
Power supply	14.8VDC, approx. 5.0A
Weight	Scanning head 1.0kg Carry case and contents 4.1kg
Dimensions	Scanning head 80x113x140mm (287mm incl handle) Carry case and contents 470x220x180mm
Battery life	Approximately 90 minutes continuous use

Table 1-1: Specification

Fig.3.23- Table showing the specification chart for the instrument Zeb Revo RT, taken from <https://geoslam.com/solutions/zeb-revo-rt/>



Fig.3.24- Image showing Functioning of the instrument Zeb Revo Rt.

Acquisition of the Point Cloud

Two scans were acquired using the Zeb-Revo RT hand held scanner. Both the scans were approximately of the same time length. The first scan was initiated from the front part of the Casa Corte and it also captured the interior of the rooms that were accessible both on the ground as well as the first floor. The scan ended at the beginning of the small house located right next to the Casa Corte. For this scan in particular, because the front of the Casa Corte was captured, there were minor errors especially on the top portion of the round columns as the roof was missing. The Second scan started close to the small house and was aimed to cover the back side of Casa Corte. This was a challenge for us as most of the parts on the back side have collapsed and so it was dangerous to get close to the structure. Thanks to the range of the device we could capture most of it and moved further to end the second scan where the first scan was initiated. This way we have a good overlap of both the scans, and a good overlapping with LIDAR ad photogrammetric data as well.

During the acquisition of the scans, the tablet is connected to the instrument, which makes it possible to see the point cloud that is generated as we walk. In this way the operator already knows if the instrument is working in a correct manner or not. If the scan is in a closed path, we can know if the software is able to recognize the process executed. The Zeb-Revo RT does not have a GPS/GNSS system attached to it, and so the data that is captured does not have a reference with the geographic measures of the

Acquisizione della nuvola di punti

Sono state acquisite due scansioni con lo scanner portatile Zeb-Revo RT. Entrambe le scansioni avevano all'incirca la stessa durata. La prima scansione è stata avviata dalla parte anteriore di Casa Corte e ha catturato anche l'interno delle stanze accessibili sia al piano terra che al primo piano. La scansione si è conclusa all'inizio della piccola casa situata proprio accanto alla Casa Corte. Per questa scansione in particolare, poiché è stata catturata la parte anteriore della Casa Corte, ci sono stati piccoli errori soprattutto nella parte superiore delle colonne rotonde, poiché mancava il tetto. La seconda scansione è iniziata vicino alla casetta e mirava a coprire il lato posteriore di Casa Corte. Questa è stata una sfida per noi, poiché la maggior parte delle parti sul retro sono crollate e quindi era pericoloso avvicinarsi alla struttura. Grazie al raggio d'azione del dispositivo siamo riusciti a catturarne la maggior parte e ci siamo spostati più avanti per terminare la seconda scansione nel punto in cui era iniziata la prima. In questo modo abbiamo ottenuto una buona sovrapposizione di entrambe le scansioni e una buona sovrapposizione con i dati LIDAR e fotogrammetrici.

Durante l'acquisizione delle scansioni, il tablet è collegato allo strumento, il che rende possibile vedere la nuvola di punti che viene generata mentre si cammina. In questo modo l'operatore sa già se lo strumento sta lavorando in modo corretto o meno. Se la scansione avviene in un percorso chiuso, possiamo sapere se il software è in grado di riconoscere il processo eseguito. Lo Zeb-Revo RT non ha un sistema GPS/GNSS collegato, e quindi i dati che vengono acquisiti non hanno un riferimento con le misure geografiche dell'oggetto.

object. But, it is supported by the SLAM strategy. This is the reason it is very important to reduce the drift errors by following the same path with the instrument both inwards and outwards. This allows GeoSLAM software to automatically correct and coincide the start and the end points.

The scans to be displayed as a point cloud is calculated and transformed into supported formats by the GeoSLAM software, in order to carry out the processing in other software. This point cloud is exported in .las format. Along with this, it is also possible to extract the trajectory of the instrument of the instrument during the acquisition. This helps us to understand and associate them to the appropriate point cloud after the scans are acquired. The scans taken are shown below.

Ma questo è supportato dalla strategia SLAM. Per questo motivo è molto importante ridurre gli errori di deriva seguendo lo stesso percorso con lo strumento sia verso l'interno che verso l'esterno. Ciò consente al software GeoSLAM di correggere e far coincidere automaticamente i punti di partenza e di arrivo.

Le scansioni da visualizzare come nuvola di punti vengono calcolate e trasformate in formati supportati dal software GeoSLAM, per poter effettuare l'elaborazione in altri software. La nuvola di punti viene esportata in formato .las. Inoltre, è possibile estrarre la traiettoria dello strumento durante l'acquisizione. Questo ci aiuta a capire e ad associarli alla nuvola di punti appropriata dopo l'acquisizione delle scansioni. Le scansioni acquisite sono mostrate di seguito.



Fig.3.25- Casa Corte Scan 1
Front view acquired from GeoSLAM Hub.



Fig.2.26-Casa Corte Scan 1
Back view acquired from GeoSLAM Hub



Fig.3.27-Casa Corte Scan 2
Front view acquired from GeoSLAM Hub

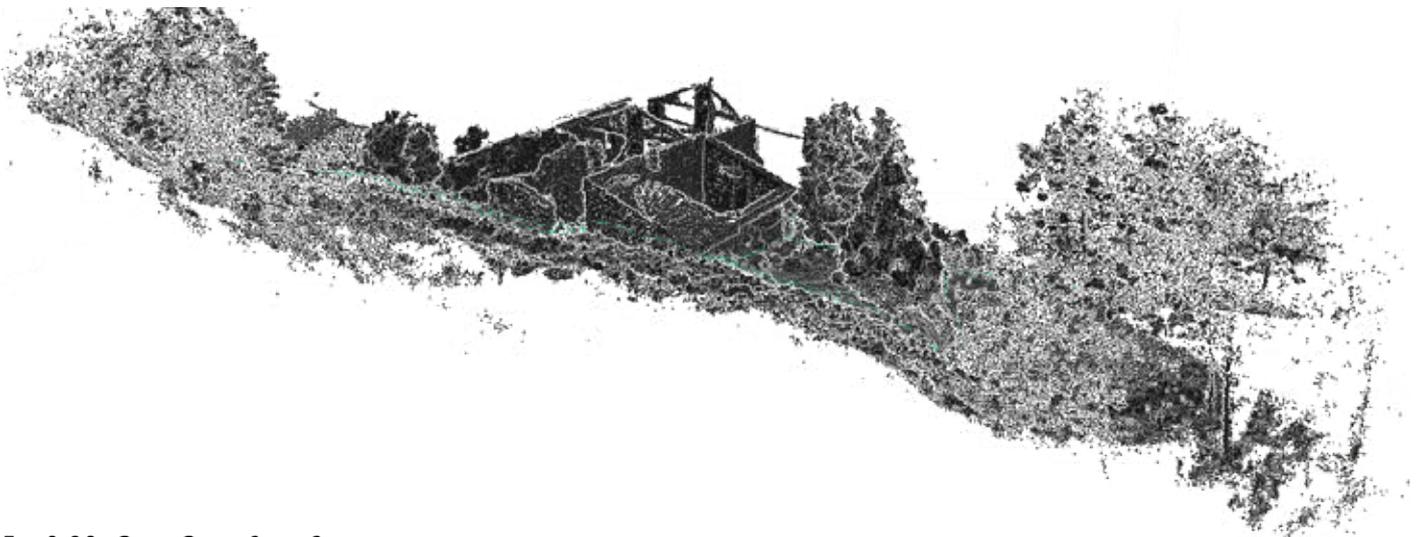


Fig.3.28-Casa Corte Scan 2
Back view acquired from GeoSLAM Hub

Elaboration of the Point Clouds

We have acquired two scans using the Zeb-Revo RT, and they are not related to each other. But the scans were taken in a way that they have some areas in common. First of all, we align the two clouds in GeoSLAM Hub. Through this process the program is able to recognize the positions of the various points spatially. This helps us to eliminate the problem of drift.

Later, we export both the scans in the .las format and open them in the 3D Reshaper software to check and refine their alignment. As we can see, the two scans are shown along with their respective trajectories. The trajectories are colour coded on the basis of the time and the movement. The blue indicates the beginning of the acquisition while the red indicates the end.

The initial steps would be to clean the point clouds that we have achieved. The main focus of using the SLAM system was to capture the areas that the other survey systems are unable to detect. By cleaning we trim the unnecessary parts of the point clouds like the trees and the objects in motion that were captured during the generation of the scans. For example: Human figures. The SLAM system also captures extra points for unnecessary objects that are in the range of 0-15 meters and so we trim all the data that hinders the main object; that is Casa Corte.

Elaboration of the Point Clouds

Abbiamo acquisito due scansioni con Zeb-Revo RT e non sono correlate tra loro. Ma le scansioni sono state effettuate in modo da avere alcune aree in comune. Per prima cosa, allineiamo le due coppie in GeoSLAM Hub. Attraverso questo processo il programma è in grado di riconoscere le posizioni dei vari punti dal punto di vista spaziale. Questo ci aiuta a eliminare il problema della deriva.

Successivamente, esportiamo entrambe le scansioni nel formato .las e le apriamo nel software 3D Reshaper per controllare e perfezionare il loro allineamento. Come si può vedere, le due scansioni sono mostrate insieme alle rispettive traiettorie. Le traiettorie sono codificate a colori in base al tempo e al movimento. Il blu indica l'inizio dell'acquisizione, mentre il rosso indica la fine.

I passi iniziali consisteranno nel pulire le nuvole di punti ottenute. L'obiettivo principale dell'utilizzo del sistema SLAM era quello di catturare le aree che gli altri sistemi di rilevamento non sono in grado di rilevare. Con la pulizia tagliamo le parti non necessarie delle nuvole di punti, come gli alberi e gli oggetti in movimento che sono stati catturati durante la generazione delle scansioni. Ad esempio: figure umane.

Il sistema SLAM cattura anche punti extra per gli oggetti non necessari che si trovano nell'intervallo 0-15 metri e quindi tagliamo tutti i dati che ostacolano l'oggetto principale, ovvero Casa Corte.

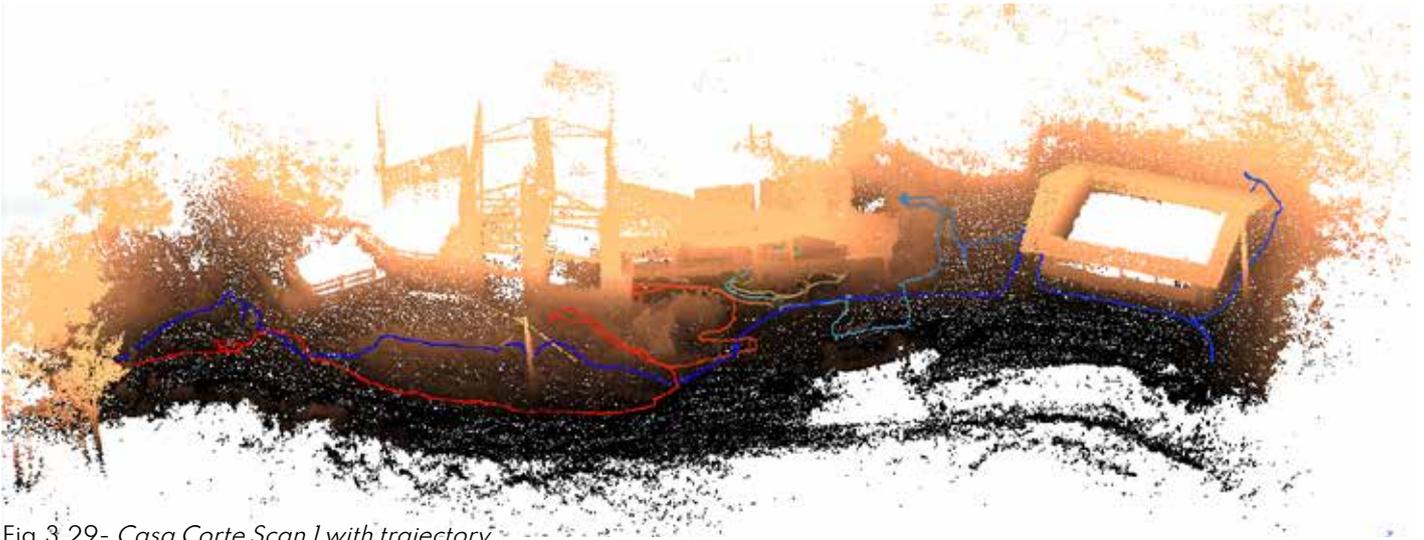


Fig.3.29- Casa Corte Scan 1 with trajectory.

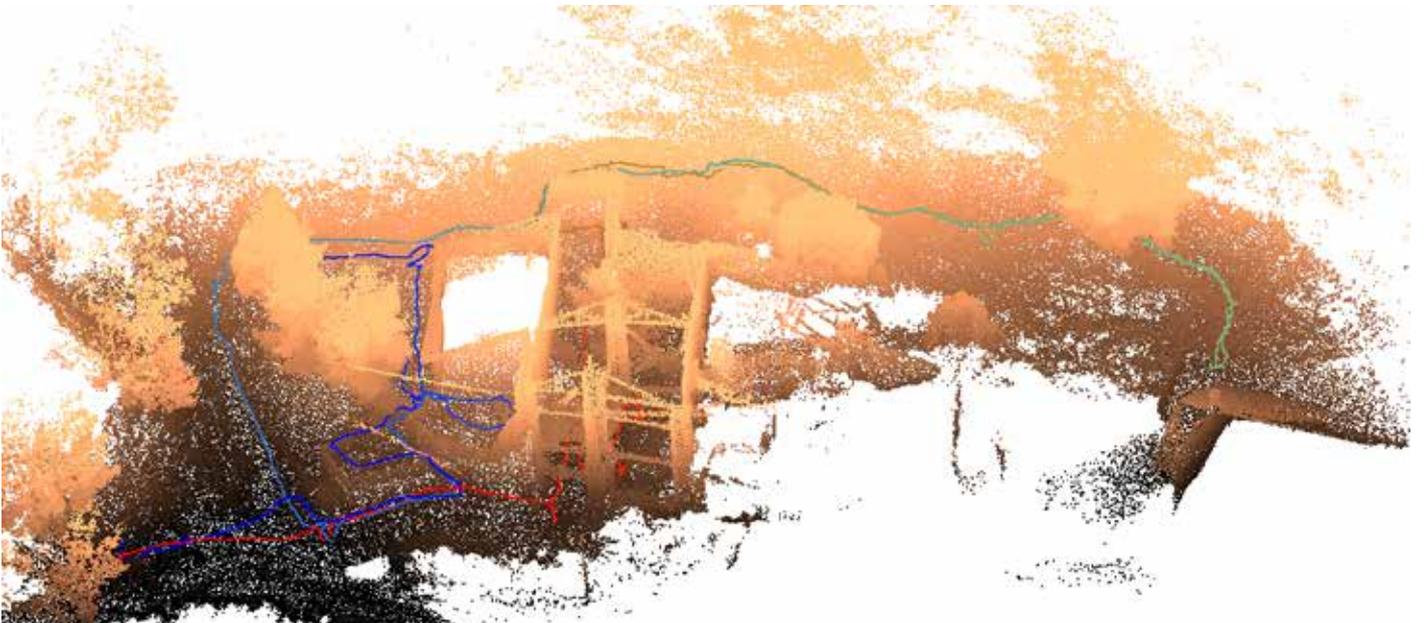


Fig.3.30- Casa Corte Scan 2 with trajectory.



Fig.3.31- Casa Corte merged scan with trajectory.

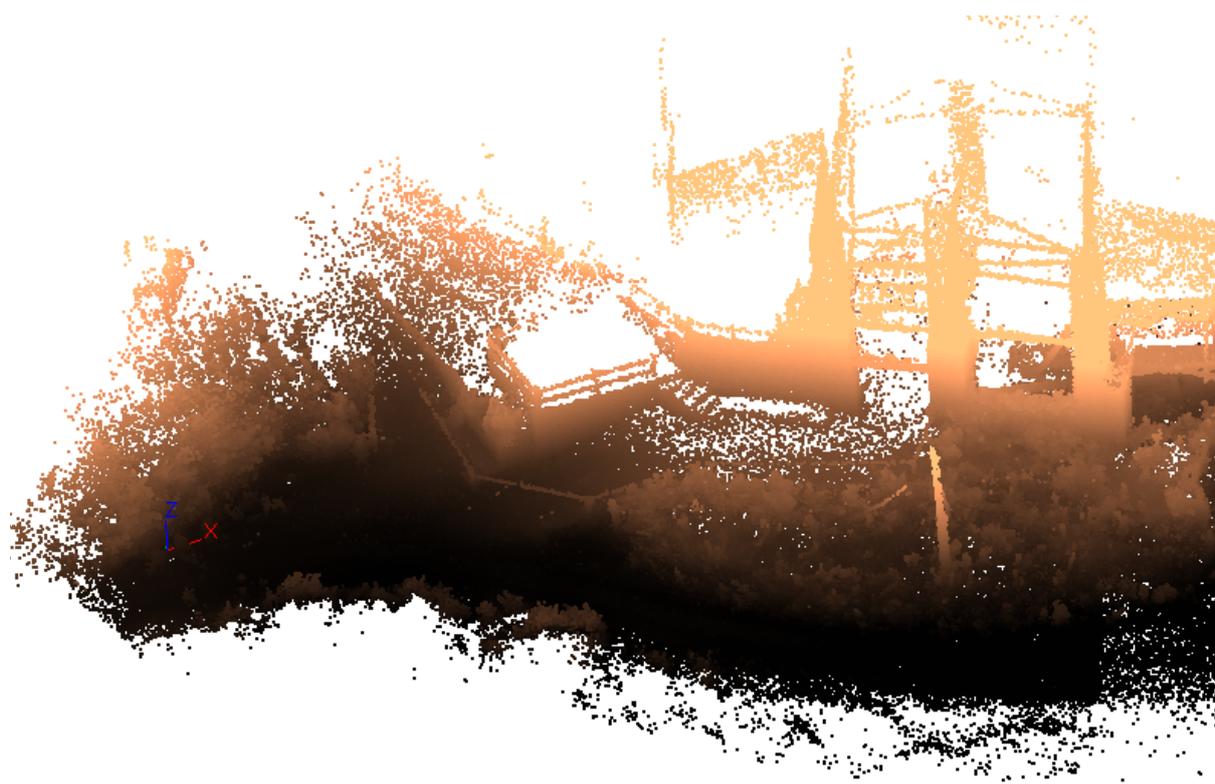


Fig.3.32- *Casa Corte Final Scan 1 Cleaned*

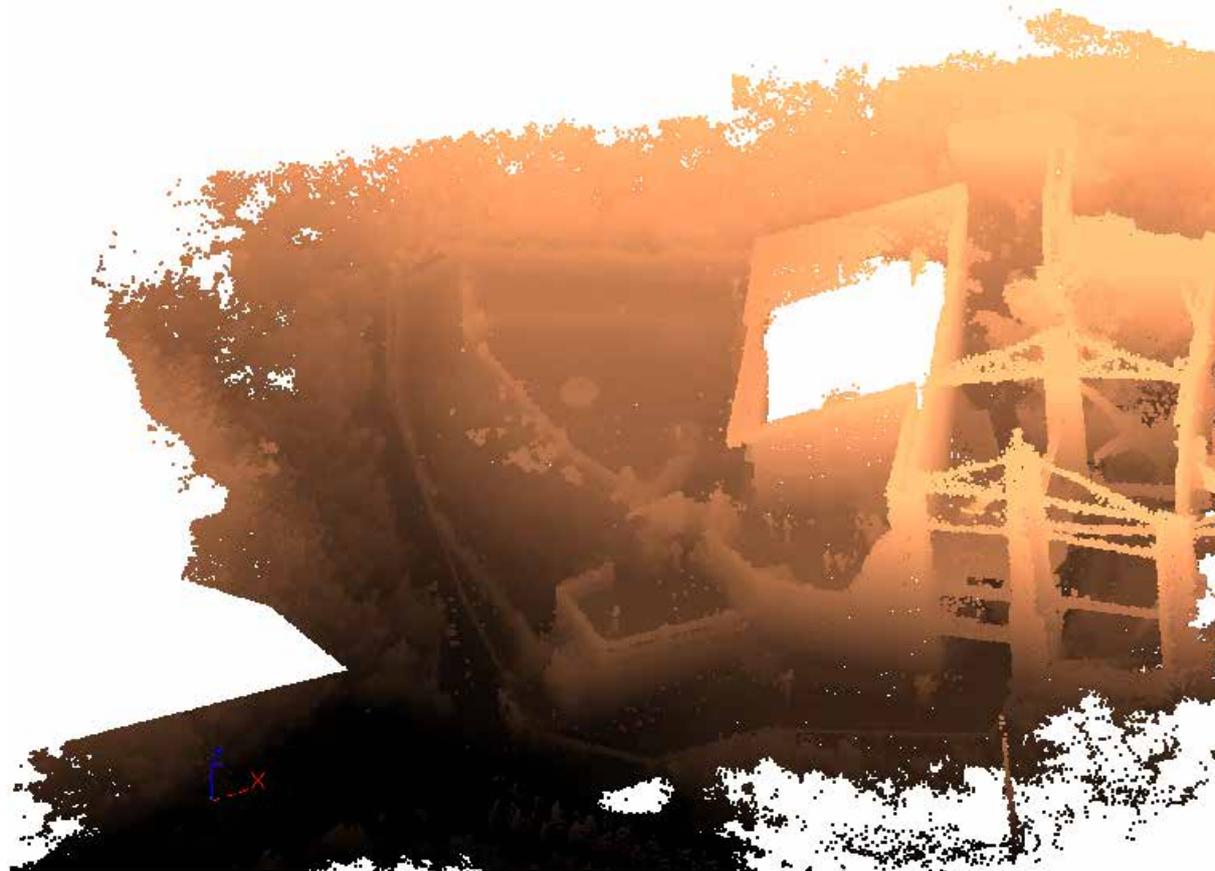
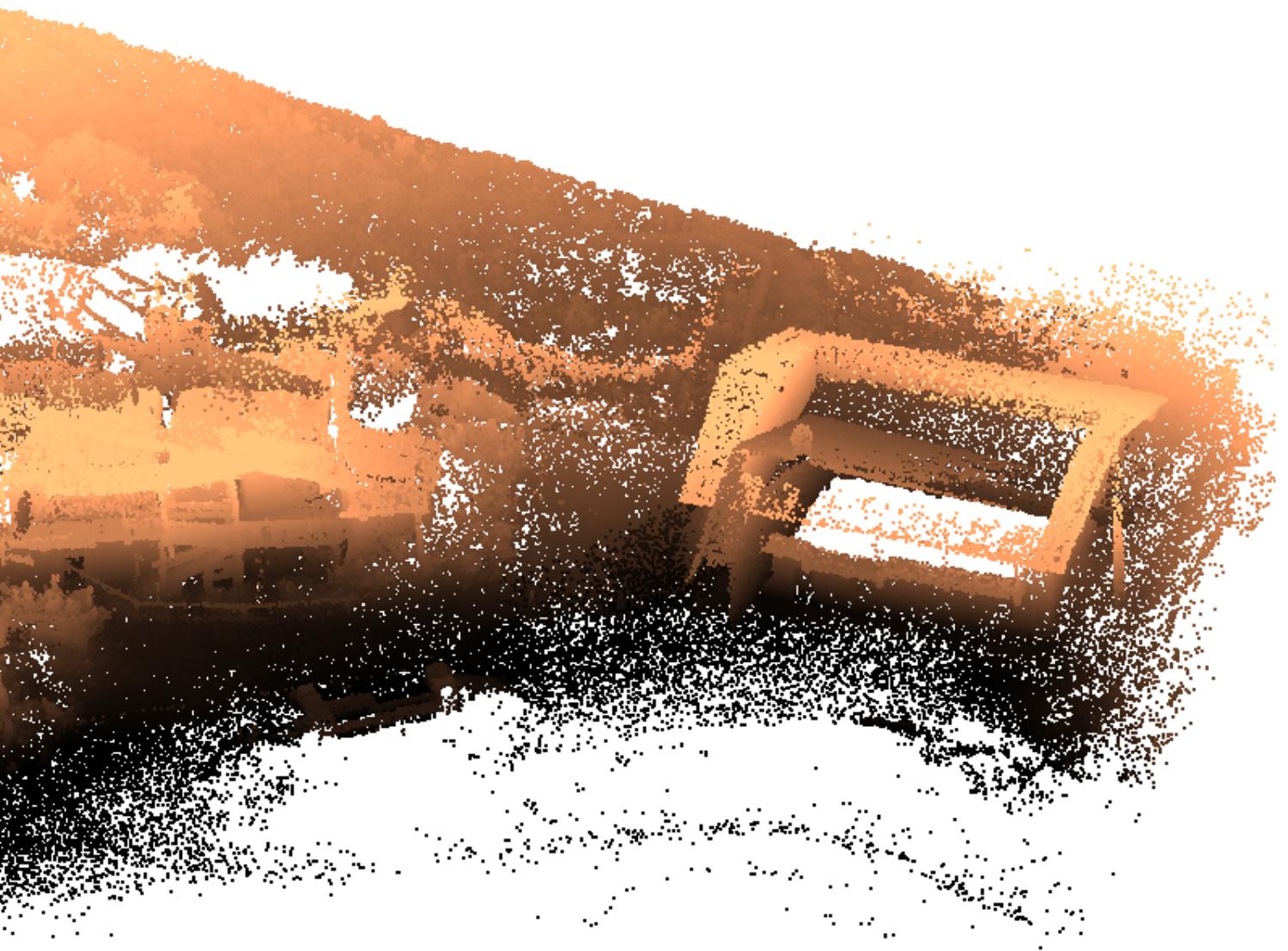


Fig.3.33- *Casa Corte Final Scan 2 Cleaned*





Fig.3.34- *Casa Corte Final merged Scan Cleaned*



Once the Point clouds are cleaned, we align the two scans to get a complete Point cloud. For this the 3D reshaper software provides us with a function of 'processo di allineamento per punti' which is alignment with the help of points. In this step we have to align the two point clouds into one single cloud. The point clouds acquired from zeb Revo RT are not georeferenced. So our objective is to georeferenced them with the previously georeferenced cloud, which is the one obtained from the UAV flight.

We follow the same steps as before and align the two Clouds acquired from the Zeb Revo RT, with the point cloud from the UAV flight. But this time it is important to consider that the point cloud from the overall flight is to be considered fixed and the two point clouds from Zeb Revo RT to be considered mobile, since both the clouds do not contain points measured in the reference system.

Una volta pulite le nuvole di punti, allineiamo le due scansioni per ottenere una nuvola di punti completa. A questo scopo il software 3D reshaper ci fornisce una funzione di 'processo di allineamento per punti', che è l'allineamento con l'aiuto dei punti. Le nuvole di punti acquisite da zeb Revo RT non sono georeferenziate. Il nostro obiettivo è quindi quello di georeferenziarle con la nuvola precedentemente georeferenziate, ovvero quella ottenuta dal volo dell'UAV.

Seguiamo gli stessi passi di prima e allineiamo le due nuvole acquisite dallo Zeb Revo RT con la nuvola di punti del volo UAV. Ma questa volta è importante considerare che la nuvola di punti del volo complessivo è da considerarsi fissa e le due nuvole di punti dello Zeb Revo RT da considerarsi mobili, poiché entrambe le nuvole non contengono punti misurati nel sistema di riferimento.



Fig.3.35- Results for the alignment of Zeb Revo RT cloud with UAV Flight cloud

3.5 GENERATION OF 3D MESH USING ALTERNATE MMS TECHNOLOGY

We have already known and read about the MMS technology in the previous chapters and also about the Zeb Revo RT instrument, that we used in the generation of a point cloud.

Following the similar technology, we decided to link the missing interior parts of Casa Corte, using the 3D mobile scanner application on the I-Phone.

The application functions with the help of a LiDAR scanner which is available in the phone. For our case we have used the i-Phone 12 pro. The acquisition of the 3D mesh is very simple. Using the phone camera we record the surfaces of Casa Corte and try to capture as much area as possible.

As the Zeb scans had a path mostly outside and around Casa Corte, we tried to use the 3D scanner application majorly for acquisition of indoor spaces and with the aim to fill the gap of previous acquisitions. A total of five scans were acquired.



Fig.3.36- Image of the scan acquired on the application

3.5 GENERAZIONE DI MESH 3D CON TECNOLOGIA MMS ALTERNATIVA

Abbiamo già conosciuto e letto della tecnologia MMS nei capitoli precedenti e anche dello strumento Zeb Revo RT, che abbiamo utilizzato per la generazione di una nuvola di punti.

Seguendo la stessa tecnologia, abbiamo deciso di collegare le parti interne mancanti di Casa Corte, utilizzando l'applicazione 3D mobile scanner sull'I-Phone.

L'applicazione funziona con l'aiuto di uno scanner LiDAR disponibile nel telefono. Nel nostro caso abbiamo utilizzato l'iPhone 12 pro. L'acquisizione della mesh 3D è molto semplice. Utilizzando la fotocamera del telefono registriamo le superfici di Casa Corte e cerchiamo di catturare la maggior superficie possibile.

Poiché le scansioni di Zeb avevano un percorso per lo più all'esterno e intorno a Casa Corte, abbiamo cercato di utilizzare l'applicazione dello scanner 3D soprattutto per l'acquisizione di spazi interni e con l'obiettivo di colmare le lacune delle acquisizioni precedenti. In totale sono state acquisite cinque scansioni.



Fig.3.37- Image of the LiDAR scanner inbuilt inside the I-phone device



Fig.3.38- Image of the 3D Scanner application.

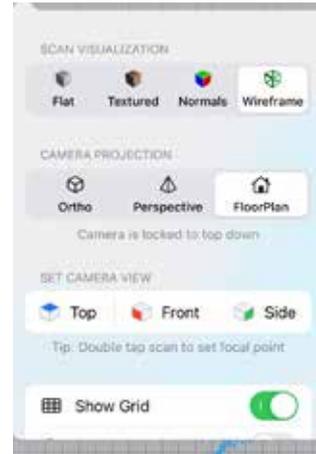


Fig.3.39- Possibilities for visualization and camera projections from the application.



Fig.3.40- Image of the scan acquired on the application

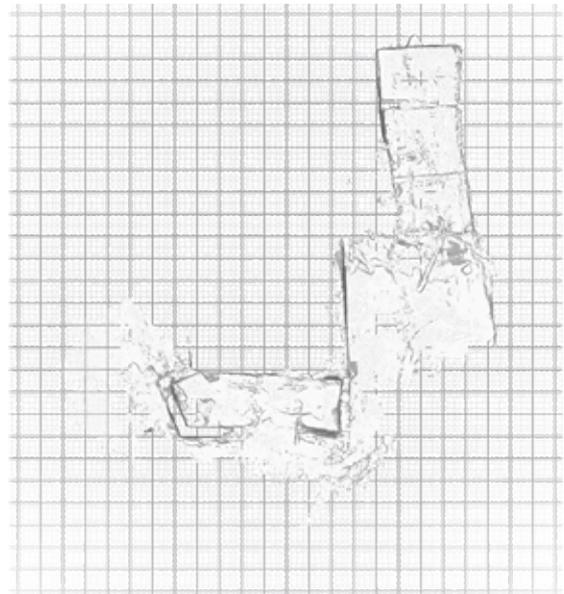


Fig.3.41- Top view of the mesh generated with the 3D scanner application

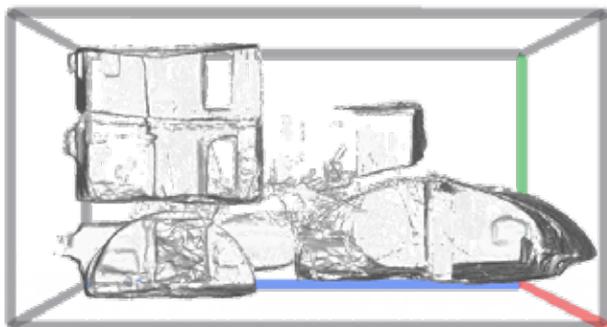


Fig.3.42- Image of the scan acquired on the application



Fig.3.43- Image of the interior scan acquired on the application

3.5.1 Elaboration of the scans from 3D scanner application

As seen above we now have acquired a total of five scans for the different areas of Casa Corte, including the areas of the interior and areas that were not previously covered. The next step is to merge these different scans and generate a single 3D model. The application allows us to export the scans into various formats. For our case, since we require to make an architectural change, we export the scans into .obj format and import them into Rhinoceros software.

Once the scans are in the Rhinoceros software, we try to put them together using common points and also using the refernces from the merged point clouds generated using the UAV, the LiDAR and the Zeb revo RT, and merge them together to form a uniform tetured mesh, which provides us with the internal layout as well as an external reference of Casa Corte.

Even though the scans are not in a refecence system they of much more importance, as they are used by us to generate the internal spaces that are ruined . We can evaluate the accuracy of these clouds comparing them to the previuos ones, that are registered/aligned using GCP.

This solution is very interesting for the portabil-ity. It was very helpful since we used in smaller areas and drifft errors were low. Because of this reason, we succeded in registering them cloud to cloud with the previous ones.

3.5.1 Elaborazione delle scansioni dall'applicazione scanner 3D

Come si è visto, ora abbiamo acquisito un totale di cinque scansioni per le diverse aree di Casa Corte, comprese le zone interne e quelle non coperte in precedenza. Il passo successivo è quello di unire queste diverse scansioni e generare un unico modello 3D. L'applicazione ci permette di esportare le scansioni in vari formati. Nel nostro caso, dovendo apportare una modifica architettonica, esportiamo le scansioni in formato .obj e le importiamo nel software Rhinoceros.

Una volta che le scansioni sono state inserite nel software Rhinoceros, cerchiamo di unirle utilizzando punti comuni e anche i riferimenti delle nuvole di punti unite generate con l'UAV, il LiDAR e lo Zeb revo RT, e di unirle insieme per formare una mesh teturata uniforme, che ci fornisce il layout interno e un riferimento esterno di Casa Corte.

Anche se le scansioni non sono in un sistema di riferimento, sono molto più importanti, in quanto vengono utilizzate per generare gli spazi interni che risultano rovinati. Possiamo valutare l'accuratezza di queste nuvole confrontandole con quelle precedenti, che sono state registrate/allineate utilizzando i GCP.

Questa soluzione è molto interessante per la portabilità. Si è rivelata molto utile poiché abbiamo utilizzato le nuvole in aree più piccole e gli errori di deriva erano bassi. Per questo motivo, siamo riusciti a registrarli da nuvola a nuvola con quelli precedenti.

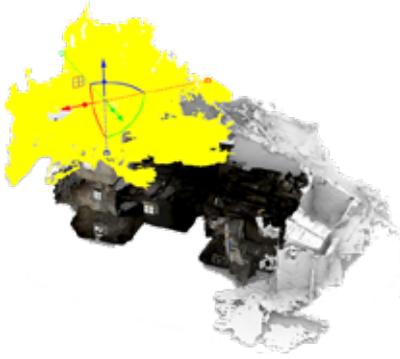


Fig.3.44-Scan 1 imported from the 3D scanner application.

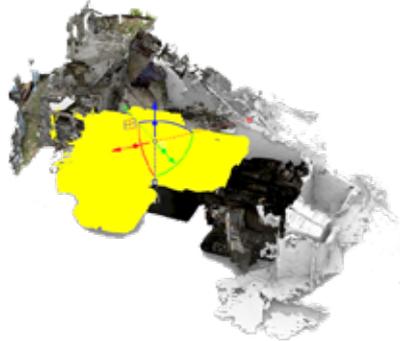


Fig.3.45- Scan 2 imported from the 3D scanner application.

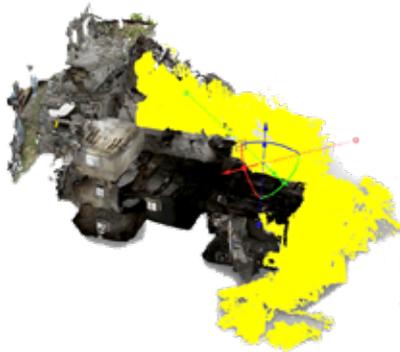


Fig.3.46- Scan 3 imported from the 3D scanner application.

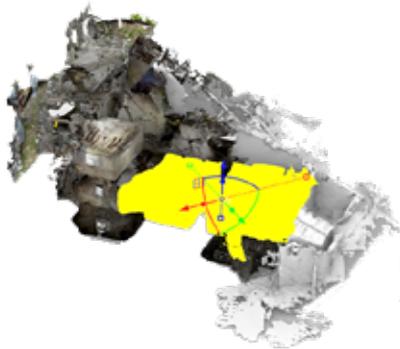


Fig.3.47- Scan 4 imported from the 3D scanner application.

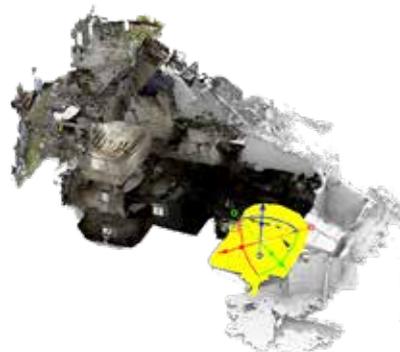


Fig.3.48- Scan 5 imported from the 3D scanner application.

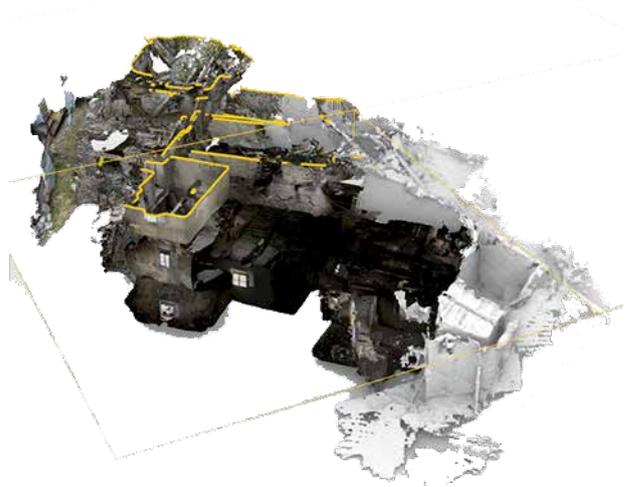


Fig.3.49- Merge of all 5 scans from the 3D scanner app

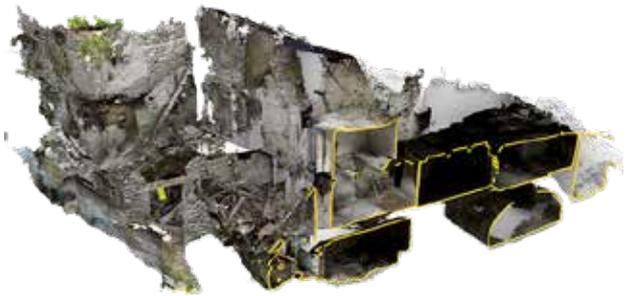


Fig.3.50- Sectional view with understanding interior of spaces



Fig.3.51- Elevation showing texture & detail of spaces



Fig.3.52- Elevation showing the slope in the terrain through the central space of the house

3.6 MERGING OF THE SCANS FROM THE 3D SCANNER APPLICATION WITH THE 3D GENERATED USING UAV, LIDAR AND MMS TECHNOLOGY.

Once the cloud from the 3D scanner application is cleaned and aligned (without references), we try to use the 3D generated from the geomatics survey techniques and somehow try to merge them based on some common points like wall corners etc.

As mentioned before, there is no reference system for the cloud generated from the 3D scanner application. But, as it contains information for the missing interior spaces we use them to generate a new 3D model in Rhinoceros software.

3.6 UNIONE DELLE SCANSIONI DALL'APPLICAZIONE SCANNER 3D CON IL 3D GENERATO TRAMITE TECNOLOGIA UAV, LIDAR E MMS.

Una volta che la nuvola generata dall'applicazione scanner 3D è stata pulita e allineata (senza riferimenti), cerchiamo di utilizzare il 3D generato dalle tecniche di rilievo geomatico e cerchiamo in qualche modo di unirli sulla base di alcuni punti comuni come gli angoli delle pareti, ecc.

Come già detto, non esiste un sistema di riferimento per la nuvola generata dall'applicazione scanner 3D. Tuttavia, poiché contiene informazioni sugli spazi interni mancanti, le utilizziamo per generare un nuovo modello 3D nel software Rhinoceros.



Fig.3.53- Image of top view, alignment of the Zeb cloud and the 3D scanner application cloud

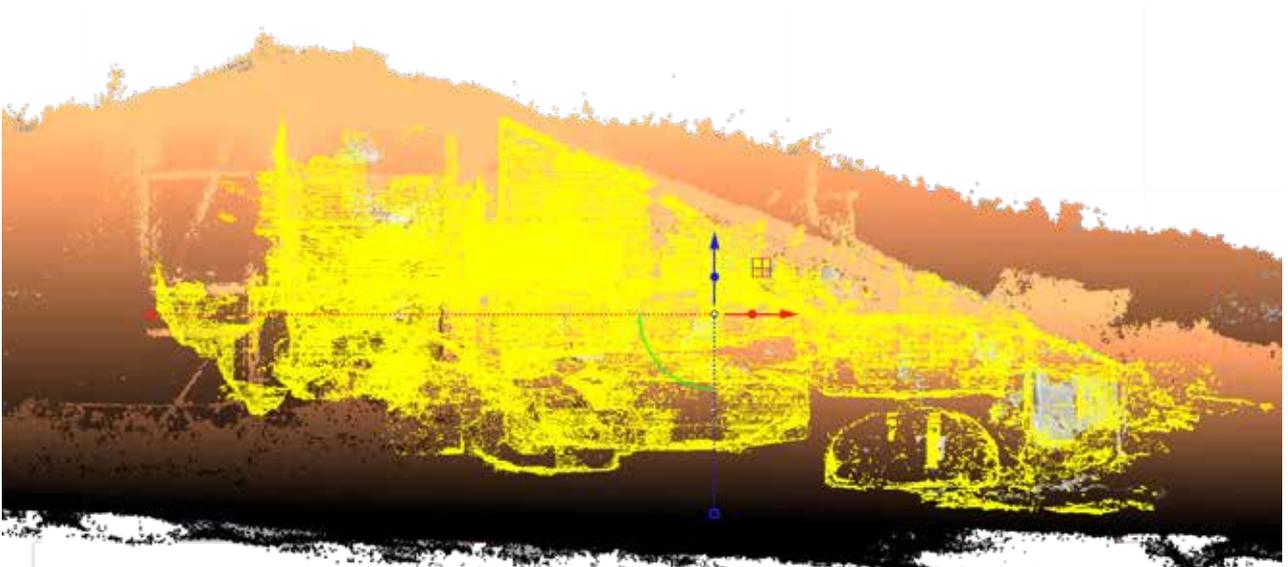


Fig.3.54- Image of front view,alignment of the Zeb cloud and the 3D scanner application cloud

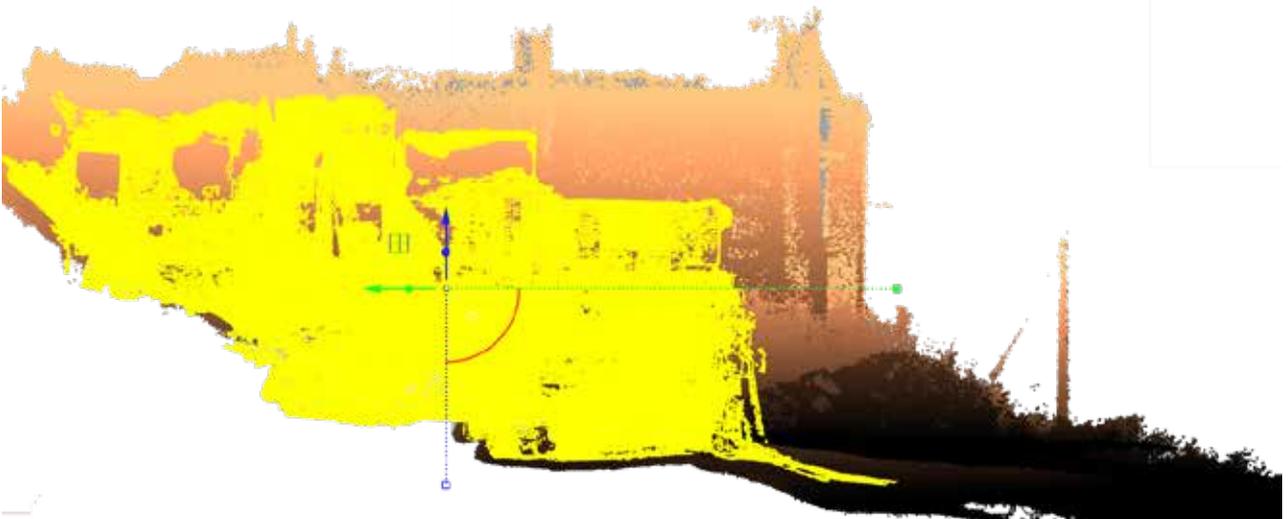


Fig.3.55- Image of side view,alignment of the Zeb cloud and the 3D scanner application cloud

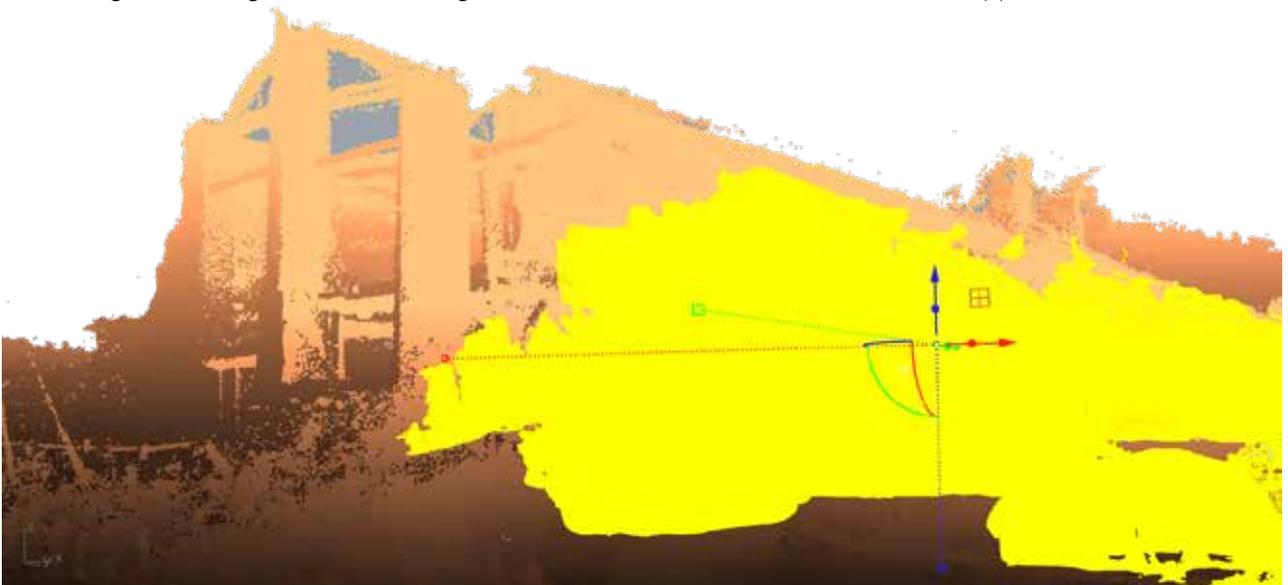


Fig.3.56- Image of side view,alignment of the Zeb cloud and the 3D scanner application cloud

After achieving satisfying results in merging the scans from the 3D scanner application, we modelled the entire house of Casa Corte in the Rhinoceros software in order to use the same for the project and restore and redesign certain parts of the house.

To be sure of the alignment and to check that the model is accurate, we aligned the model with the merged point cloud generated using the geomatics software.

Dopo aver ottenuto risultati soddisfacenti nell'unione delle scansioni dall'applicazione scanner 3D, abbiamo modellato l'intera casa di Casa Corte nel software Rhinoceros, al fine di utilizzare lo stesso per il progetto e ripristinare e ridisegnare alcune parti della casa.

Per essere sicuri dell'allineamento e verificare l'accuratezza del modello, abbiamo allineato il modello con la nuvola di punti unita generata con il software di geomatica.



Fig.3.57- Image showing the overlap of the Rhinoceros 3D model and the Zeb cloud.



Fig.3.58- Image showing the overlap of the Rhinoceros 3D model and the Zeb cloud.

The images shown below are the final 3D model built on the Rhinoceros software. In the next chapters we use this model to explain the project of restoration and design of Casa Corte as an emergency housing.

Le immagini riportate di seguito mostrano il modello 3D finale costruito con il software Rhinoceros. Nei prossimi capitoli utilizzeremo questo modello a sostegno della nostra idea di progetto di restauro e progettazione di Casa Corte come abitazione di emergenza.



Fig.3.59- Image showing the final 3D model generated in Rhinoceros software.

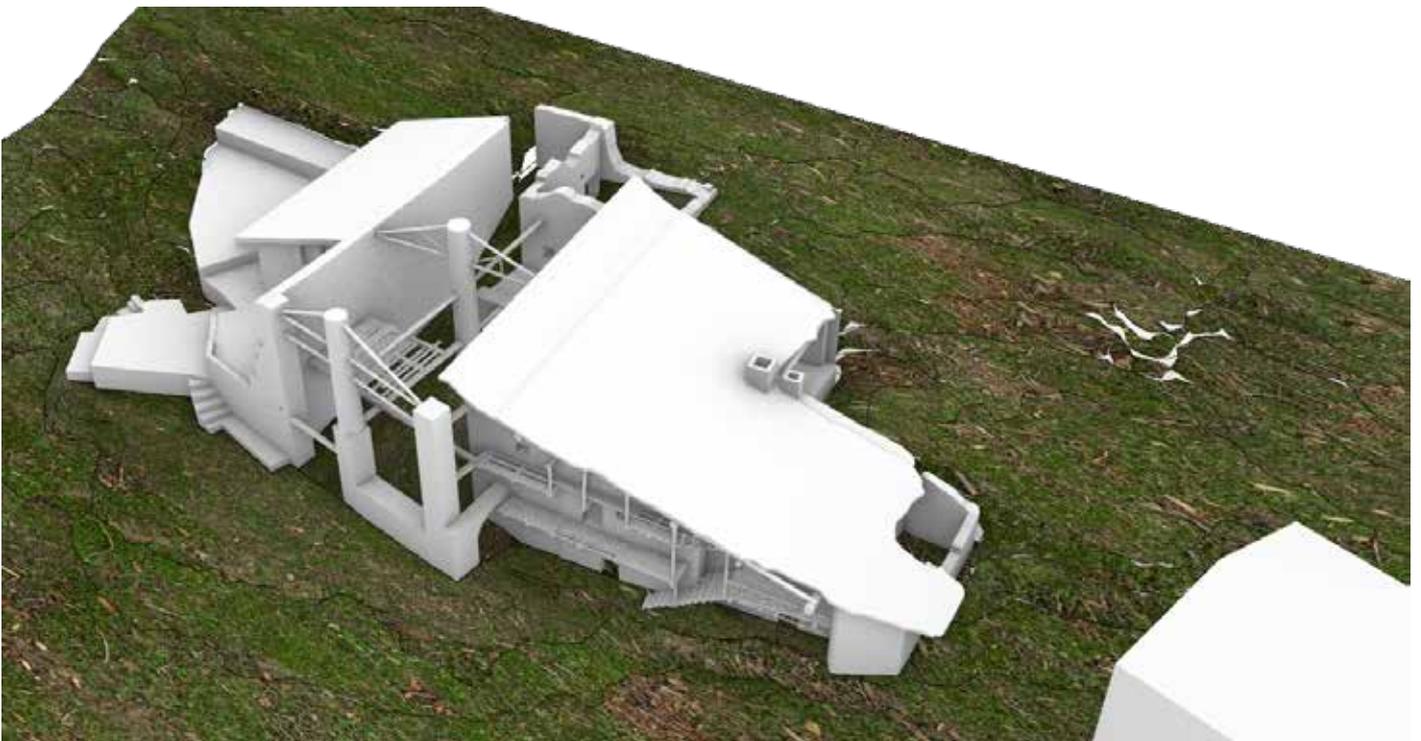


Fig.3.60- Image showing the final 3D model generated in Rhinoceros software.

3.7 MODEL INTEGRATION, USER-ORIENTED APPROACH: 3D AND 2D ELABORATIONS OF CASA CORTE, CANOSIO

After the elaboration of all the various surveys, we have obtained point clouds of three different types. The cloud from aerial photogrammetry, the cloud obtained using the Zeb Revo RT MMS and the one obtained with the help of the laser scanners.

All these clouds are composed of various details that are useful in generation of an overall cloud, that helps us to eventually generate 2D and 3D drawings useful for the realization of the project.

The next step would be to export all the clouds in .las format, and opening all of them in 3D reshaper software. Here we follow the steps similar to the one we did for the alignment of the Zeb cloud, with the UAV cloud. First of all we perform the alignment for the UAV cloud and the LiDAR cloud. Again here the UAV cloud is a fixed reference point as we have to georeference the LiDAR cloud in the same coordinates.

3.7 INTEGRAZIONE DEI MODELLI, APPROCCIO USER-ORIENTED: ELABORAZIONI 3D E 2D DI CASA CORTE, CANOSIO

Dopo l'elaborazione di tutti i vari rilievi, abbiamo ottenuto nuvole di punti di tre tipi diversi. La nuvola da fotogrammetria aerea, la nuvola ottenuta con lo Zeb Revo RT MMS e quella ottenuta con l'aiuto dei laser scanner.

Tutte queste nuvole sono composte da vari dettagli utili alla generazione di una nuvola complessiva, che ci aiuta a generare eventualmente disegni 2D e 3D utili alla realizzazione del progetto.

Il passo successivo consiste nell'esportare tutte le nuvole in formato .las e nell'aprirle nel software 3D reshaper. Qui seguiamo una procedura simile a quella eseguita per l'allineamento della nuvola Zeb con la nuvola UAV. Per prima cosa eseguiamo l'allineamento della nuvola UAV e della nuvola LiDAR. Anche in questo caso la nuvola UAV è un punto di riferimento fisso, poiché dobbiamo georeferenziare la nuvola LiDAR nelle stesse coordinate.

Test 01

Union between the LiDAR cloud and the cloud of the flight performed with the DJI Mavic Pro drone. Even though both the clouds are in the same reference system, this steps were performed in order to merge the clouds and to check that the alignment between them is accurate.

We tried a collimation of 3 points. As shown the error in the alignment of the two point clouds is approximately 0.019 meters, which is very good as we can see that the overlaps are well positioned to each other.

Test 01

Unione tra la nuvola LiDAR e la nuvola del volo effettuato con il drone DJI Mavic Pro. Anche se entrambe le nuvole sono nello stesso sistema di riferimento, questa fase è stata eseguita per unire le nuvole e verificare che l'allineamento tra di esse sia accurato.

Abbiamo provato una collimazione tramite 3 punti. Come si vede, l'errore nell'allineamento delle due nuvole di punti è di circa 0,019 metri, un valore molto buono, infatti si può notare che le sovrapposizioni sono ben posizionate l'una rispetto all'altra.



Fig.3.61- Alignment through points, using 3 points keeping the Flight cloud as a fixed reference.

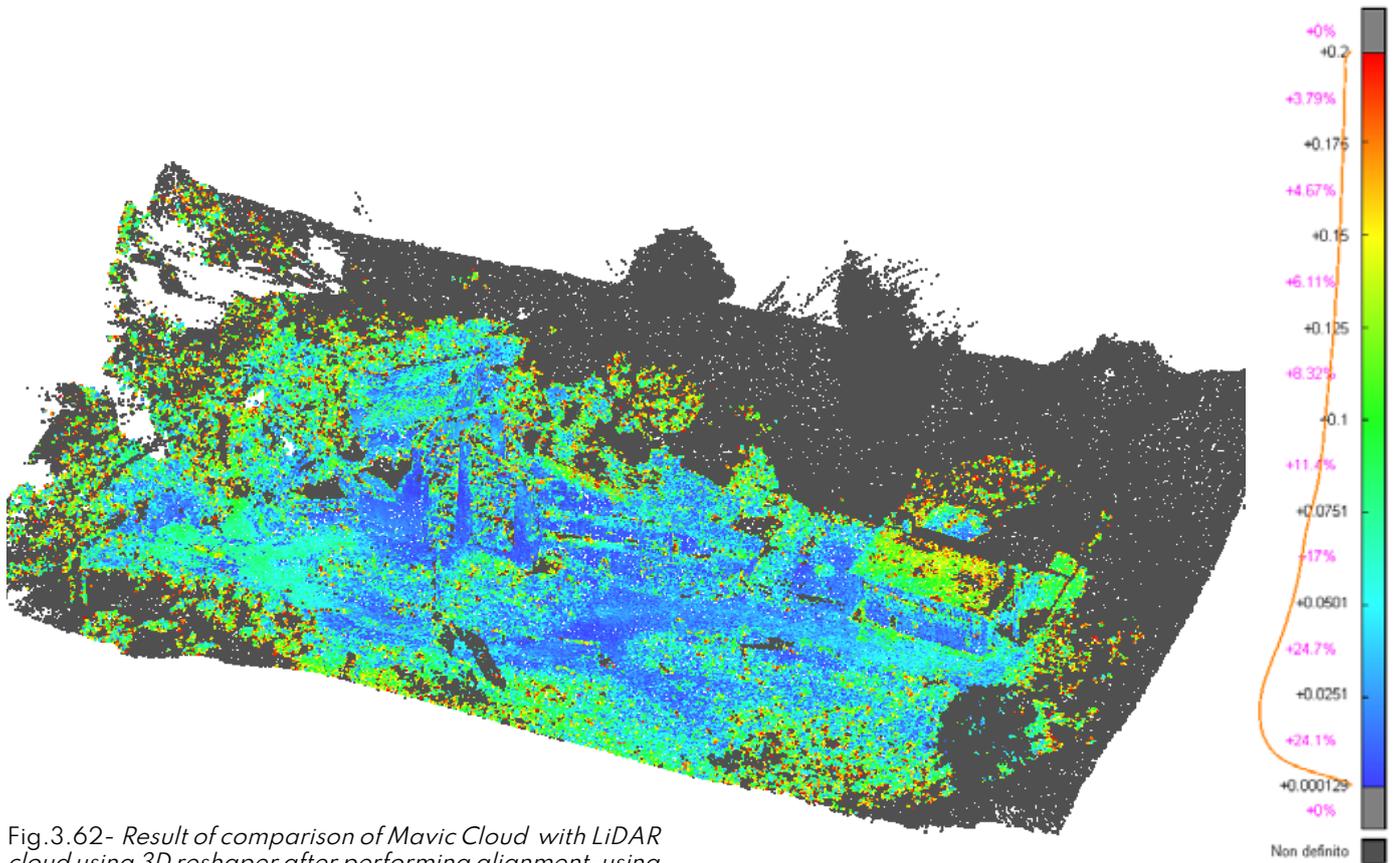


Fig.3.62- Result of comparison of Mavic Cloud with LiDAR cloud using 3D reshaper after performing alignment-using points.

After performing the alignment by points, as the results are satisfactory, we move on to the next step, which is the confrontation report of both the clouds, which also means that the LiDAR cloud is now aligned to the same coordinates as the flight cloud.

Dopo aver eseguito l'allineamento per punti, dato che i risultati sono soddisfacenti, si passa alla fase successiva, ovvero il rapporto di confronto di entrambe le nuvole, il che significa anche che la nuvola LiDAR è ora allineata alle stesse coordinate della nuvola di volo.

The next step is to align the Clouds we acquired using Zeb Revo RT with the LiDAR cloud as the LiDAR clouds are much more clear in order to have a more precise alignment of all three clouds. To proceed with this and check the alignment of the clouds we upload the clouds in the Cloud compare software and produce thin slices in the plan view in order to overlap them and check the deviances.

Il passo successivo consiste nell'allineare le nuvole acquisite con Zeb Revo RT con la nuvola LiDAR, poiché le nuvole LiDAR sono molto più chiare, al fine di ottenere un allineamento più preciso di tutte e tre le nuvole. Per procedere e verificare l'allineamento delle nuvole, carichiamo le nuvole nel software Cloud Compare e produciamo sezioni sottili nella vista in pianta, per sovrapporle e verificare le deviazioni.



Fig.3.63- *Overlapping of different parts of Zeb and LiDAR Clouds on CloudCompare (After doing the ICP Registra-*

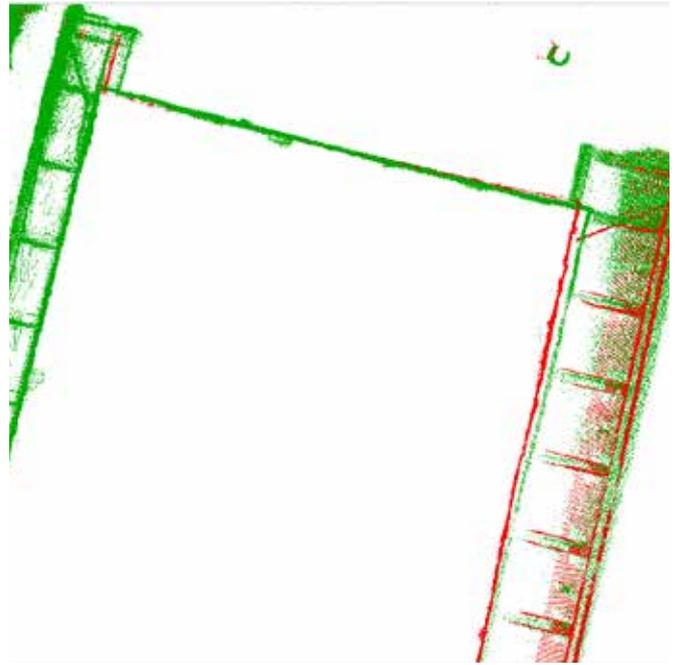
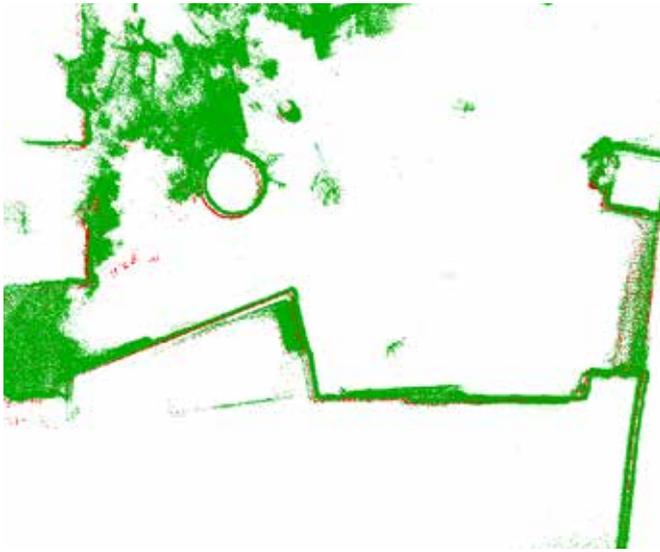


Fig.3.64- Zoom in view:Overlapping of Zeb and LiDAR Clouds on CloudCompare.

As we can see, the zeb clouds are not perfectly aligned to the LiDAR cloud. There are always minor errors but to confirm the alignment and get the best possible results, we try the alignment by points on the 3D Reshaper software.

Come si può notare, le nuvole di zeb non sono perfettamente allineate alla nuvola LiDAR. Ci sono sempre piccoli errori, ma per confermare l'allineamento e ottenere i migliori risultati possibili, proviamo l'allineamento per punti con il software 3D Reshaper.

Test 01

The union between the Zeb clouds and the LiDAR cloud with a collimation of 3 points, by keeping LiDAR cloud as the fixed reference.

The errors for the alignment by points is 0.03 meters. But this is not the best possible result given that we have used a collimation of only 3 points.

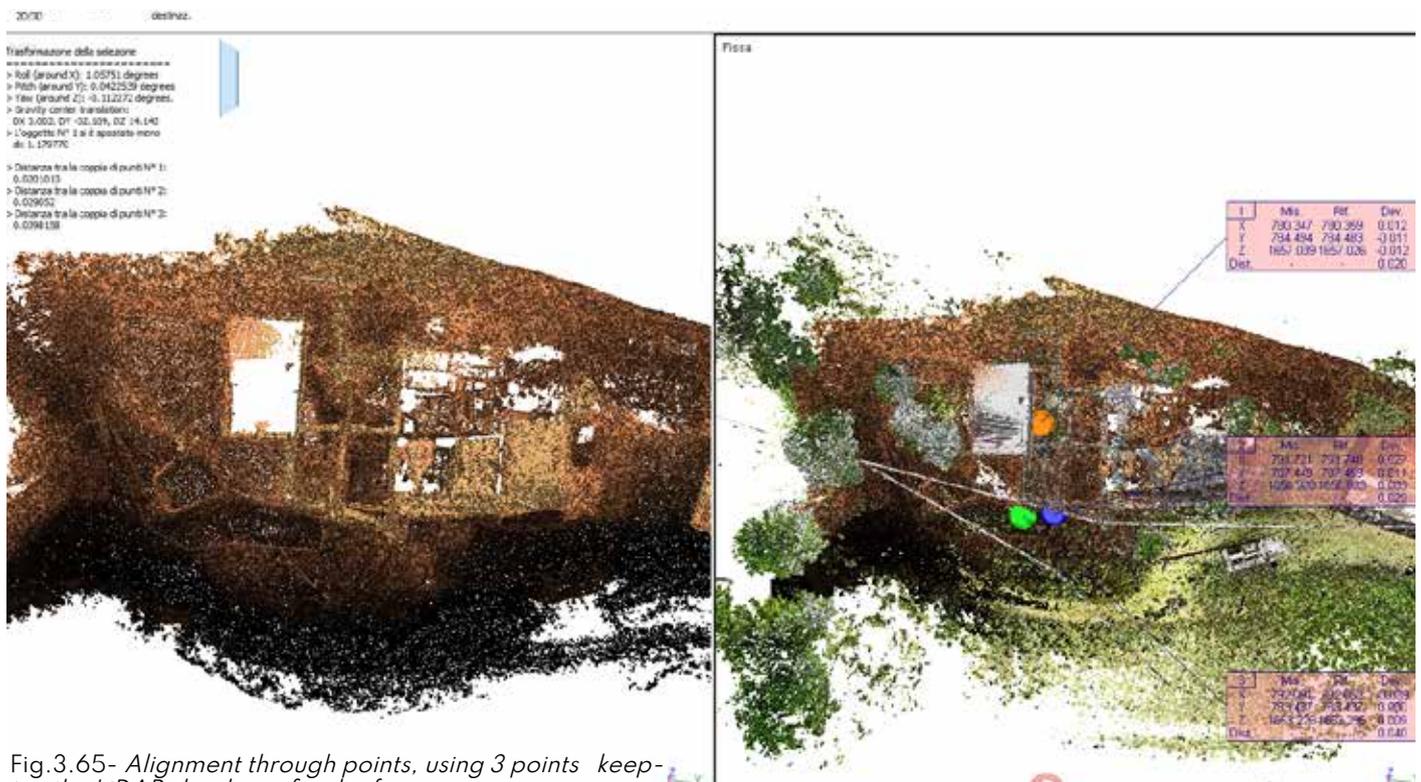


Fig.3.65- Alignment through points, using 3 points keeping the LiDAR cloud as a fixed reference.

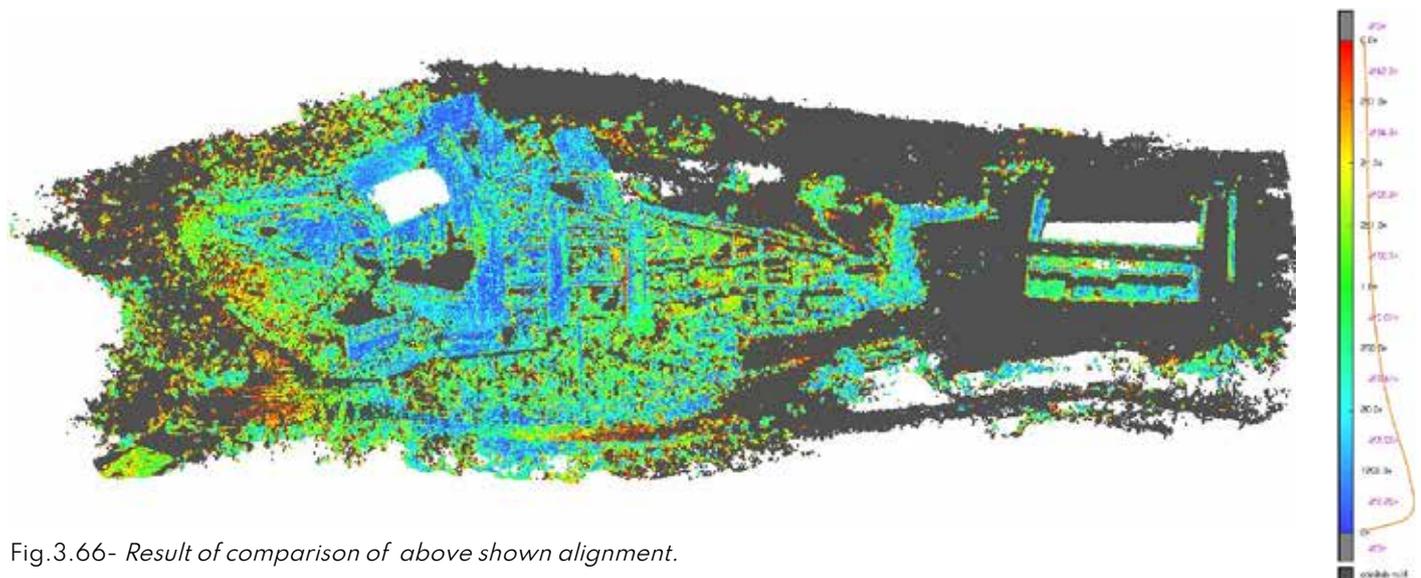


Fig.3.66- Result of comparison of above shown alignment.

Test 01

L'unione tra le nuvole Zeb e la nuvola LiDAR con una collimazione di 3 punti, mantenendo la nuvola LiDAR come riferimento fisso.

L'errore per l'allineamento per punti è di 0,03 metri. Ma questo non è il miglior risultato possibile, dato che abbiamo utilizzato una collimazione di soli 3 punti.

Test 02

We try the union between the Zeb clouds and the LiDAR cloud with a collimation of 5 points, again by keeping LiDAR cloud as the fixed reference.

The errors for this alignment by points is 0.09 meters. By increasing the number of points the error increases which was a problem we needed to solve. It was figured out that there was a deviation in the acquisition of the point clouds with the help of Zeb Revo RT, particularly in the area of the small structure next to the Casa Corte.

Test 02

Proviamo l'unione tra le nuvole Zeb e la nuvola LiDAR con una collimazione di 5 punti, sempre mantenendo la nuvola LiDAR come riferimento fisso.

L'errore per questo allineamento per punti è di 0,09 metri. Aumentando il numero di punti l'errore è aumentato e questo era un problema da risolvere. Si è capito che c'era una deviazione nell'acquisizione delle nuvole di punti con l'aiuto di Zeb Revo RT, in particolare nell'area della piccola struttura accanto a Casa Corte.

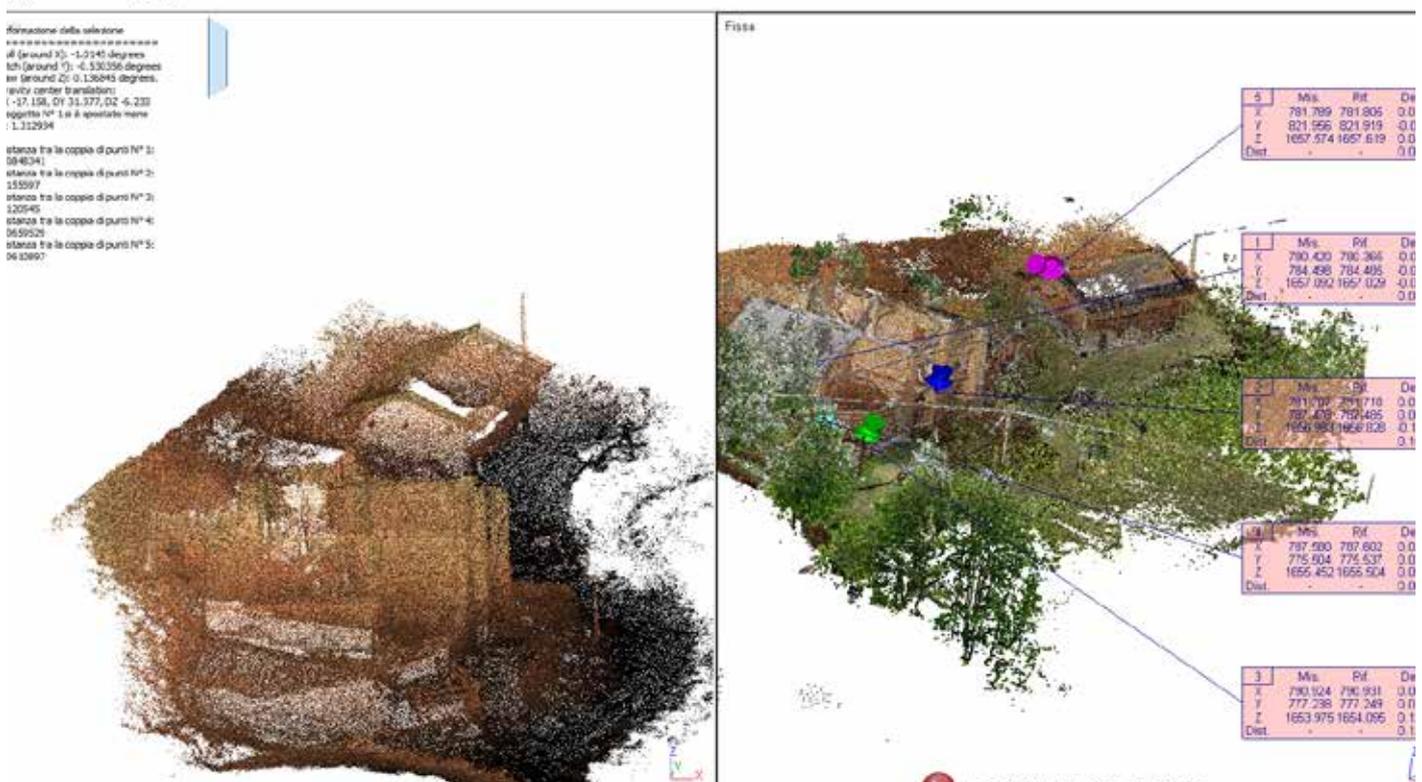


Fig.3.67- Alignment through points, using 5 points keeping the LiDAR cloud as a fixed reference.

Test 03

After the elimination of the small structure, we tried to align by points again the zeb Clouds with the LiDAR cloud with more points. In this case we tried alignment with 7 points to get better results. As the Zeb clouds are not very accurate or precise, it gets difficult to find points that are clear. In this case we have an error of 0.10 meters, which is not very accurate.

Test 03

Dopo l'eliminazione della piccola struttura, abbiamo provato ad allineare nuovamente per punti le nuvole zeb con la nuvola LiDAR con più punti. In questo caso abbiamo provato ad allineare con 7 punti per ottenere risultati migliori. Poiché le nuvole Zeb non sono molto accurate o precise, diventa difficile trovare punti che siano chiari. In questo caso abbiamo un errore di 0,10 metri, che non è molto preciso.

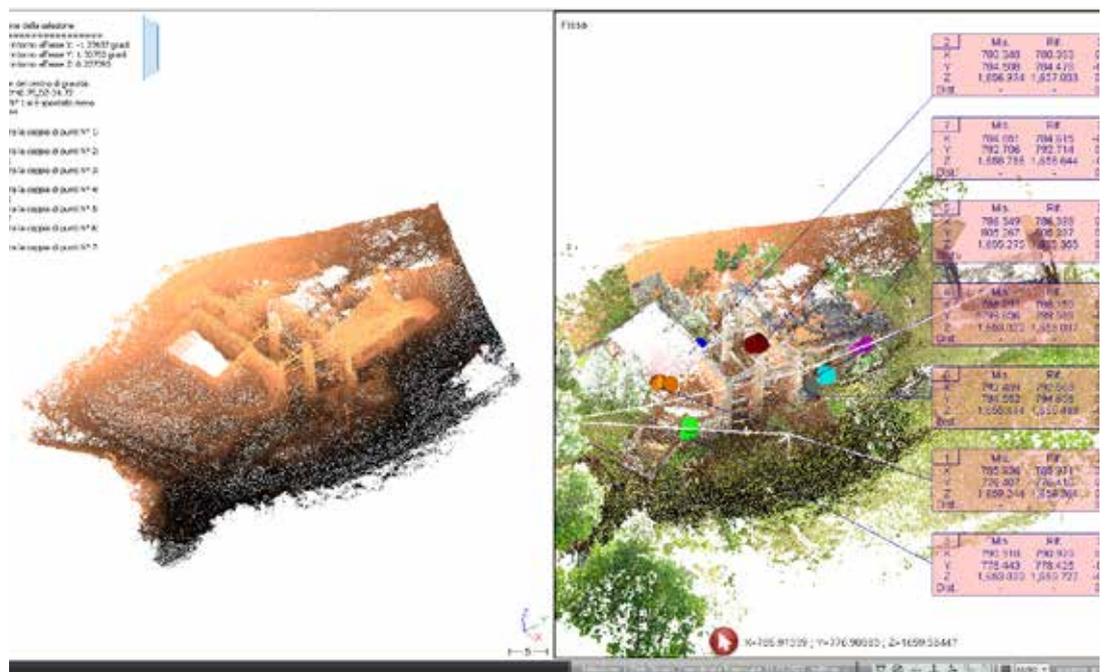


Fig.3.68- Alignment through points, using 7 points keeping the LiDAR cloud as a fixed reference.

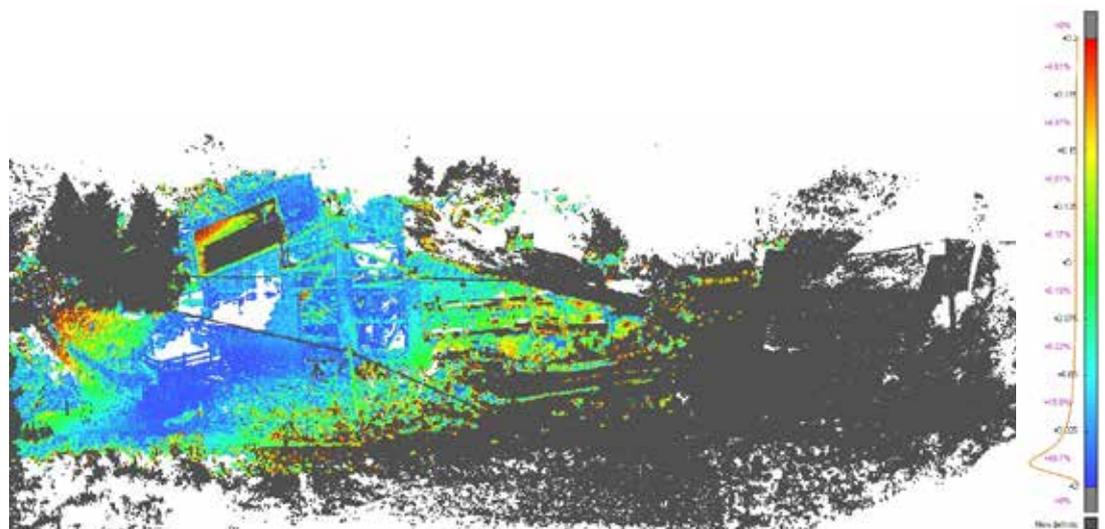


Fig.3.69- Comparison result of the above mentioned alignment

After the 3 trials we check for the alignment of the Zeb Revo RT clouds with the LiDAR cloud again in Cloud Compare, by generation of sections and overlapping the clouds.

Dopo le 3 prove, controlliamo l'allineamento delle nuvole Zeb Revo RT con le nuvole LiDAR in Cloud Compare, generando delle sezioni e sovrapponendo le nuvole.

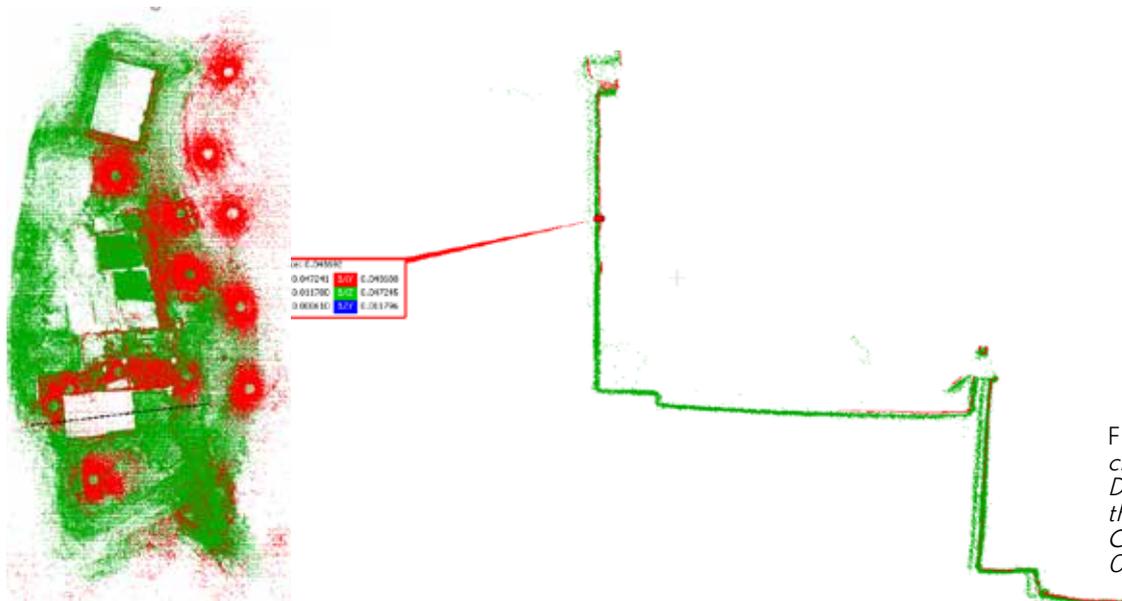


Fig.3.70- Verification of clouds, Zeb in green & LiDAR in red. Section from the south part in Cloud Compare, average error 0.05 meters

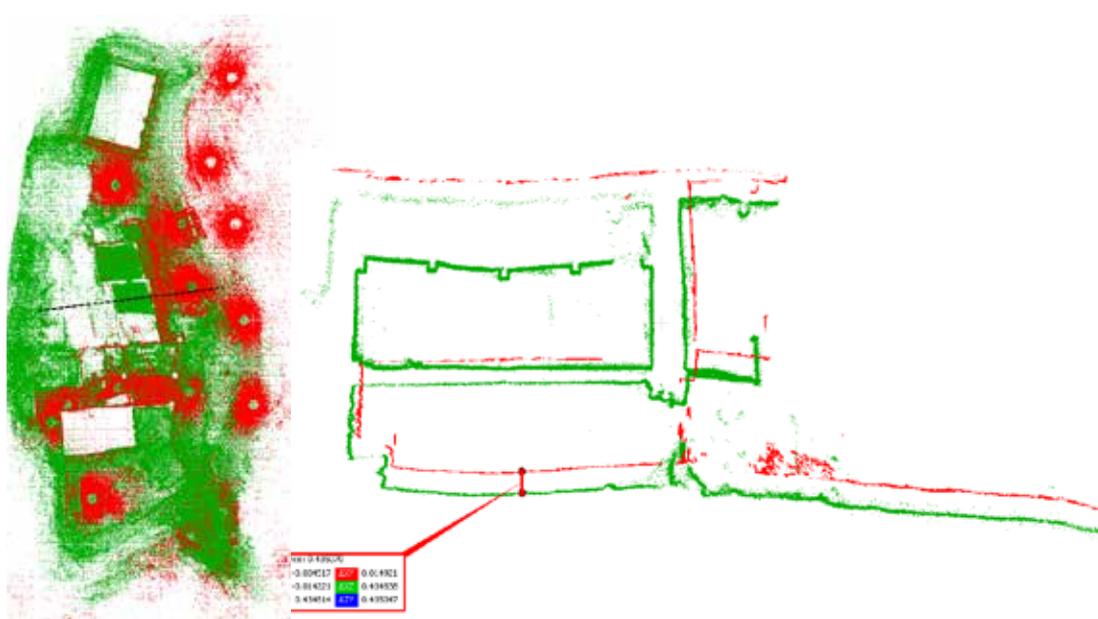


Fig.3.71- Verification of clouds, Zeb in green & LiDAR in red. Section through the central part in Cloud Compare, average error 0.43 meters.

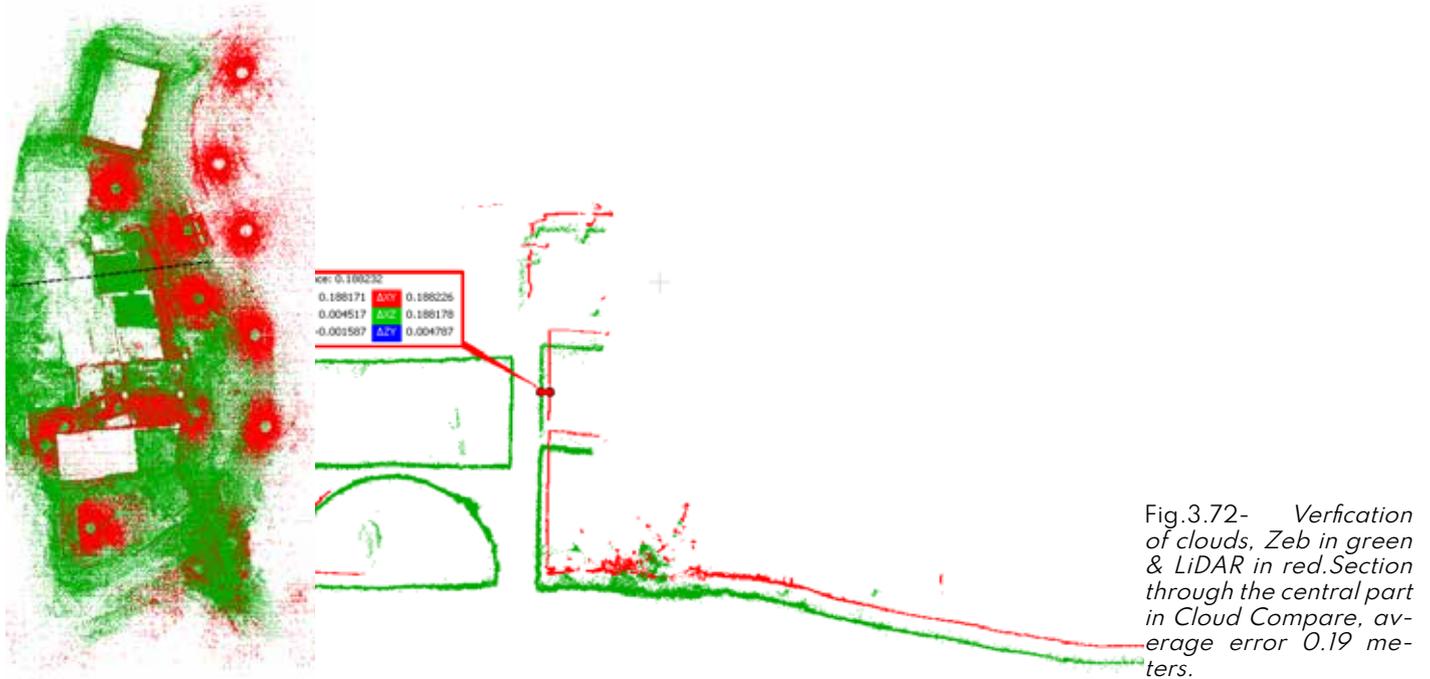


Fig.3.72- Verification of clouds, Zeb in green & LiDAR in red. Section through the central part in Cloud Compare, average error 0.19 meters.

The above shown images depict the deviations that are present between the two clouds. To solve this problem of alignment, we decide to process another alignment by points in the 3D reshaper software, again where the LiDAR point cloud is a fixed reference and we separate the small structure from the Zeb Revo RT cloud, as mentioned earlier.

Le immagini sopra riportate mostrano le deviazioni presenti tra le due nuvole. Per risolvere questo problema di allineamento, decidiamo di elaborare un altro allineamento per punti nel software 3D reshaper, anche in questo caso dove la nuvola di punti LiDAR è un riferimento fisso e separiamo la piccola struttura dalla nuvola Zeb Revo RT, come detto in precedenza.

Test 04

The alignment by points for the zeb revo RT clouds and the LiDAR clouds, where the average deviation is 0.08 meters, which was the best result achieved so far. For Casa Corte, where most of the parts are in ruins, we have to keep in mind the errors that occur due to various reasons.

Test 04

L'allineamento per punti delle nuvole zeb revo RT e delle nuvole LiDAR, dove la deviazione media è di 0,08 metri, il miglior risultato ottenuto finora. Per Casa Corte, dove la maggior parte delle parti è in rovina, dobbiamo tenere conto degli errori che si verificano per vari motivi.

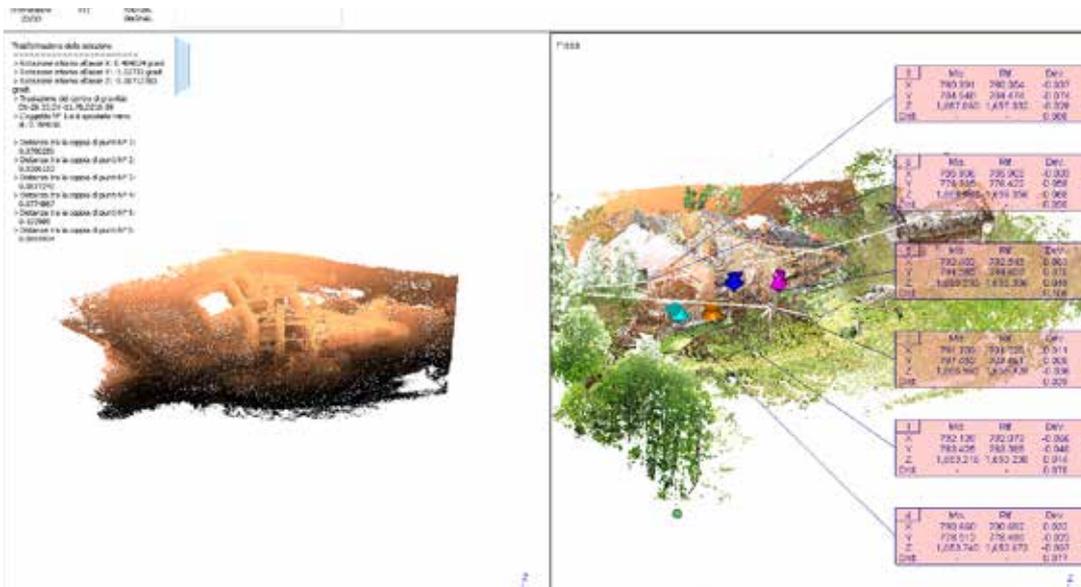


Fig.3.73 - Alignment through points, using 6 points keeping the LiDAR cloud as a fixed reference.

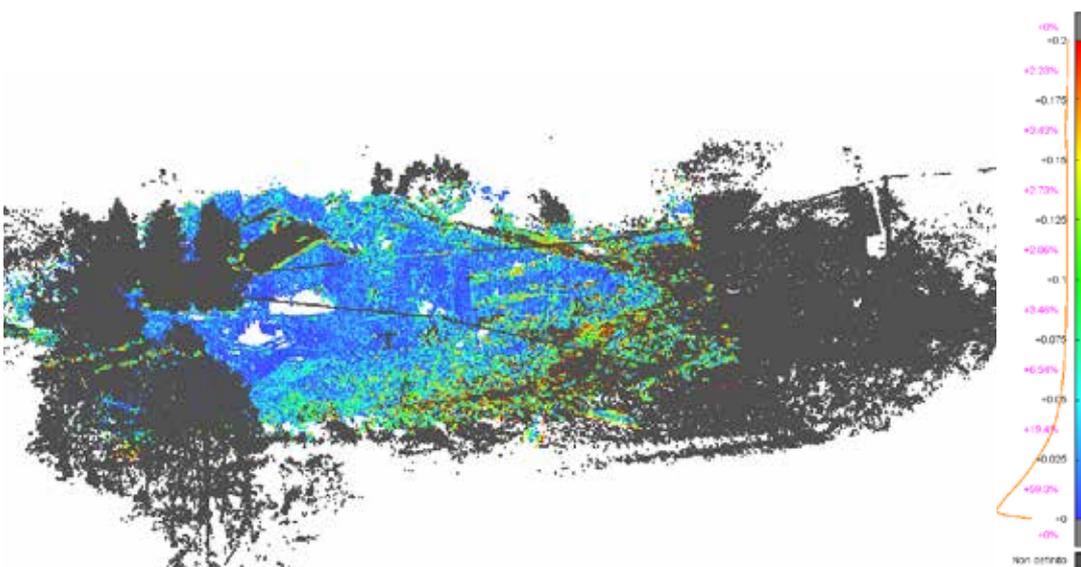


Fig.3.74 - Comparison result of the above mentioned alignment, showing 60% of the cloud is well aligned.

To check and compare again the deviations between the two clouds, we compare the sections as earlier. The average deviations this time are significantly low, which are shown below.

Per verificare e confrontare nuovamente le deviazioni tra le due nuvole, confrontiamo le sezioni come in precedenza. Questa volta le deviazioni medie sono significativamente basse, come mostrato di seguito.

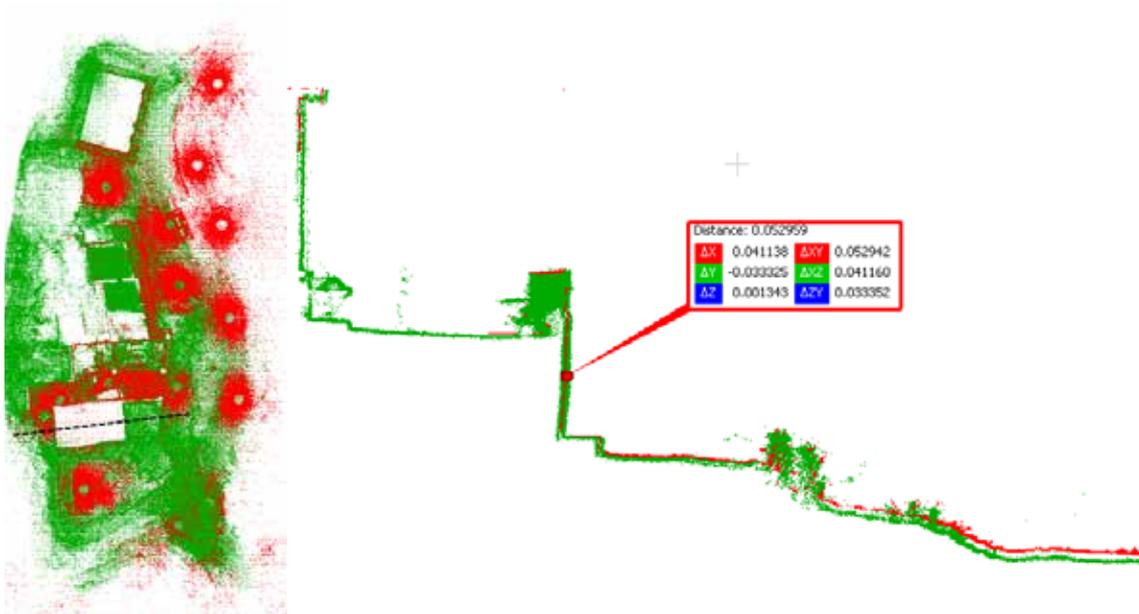


Fig.3.75- Verification of clouds, Zeb in green & LiDAR in red. Section through the central part in Cloud Compare, average deviation 0.05 meters.

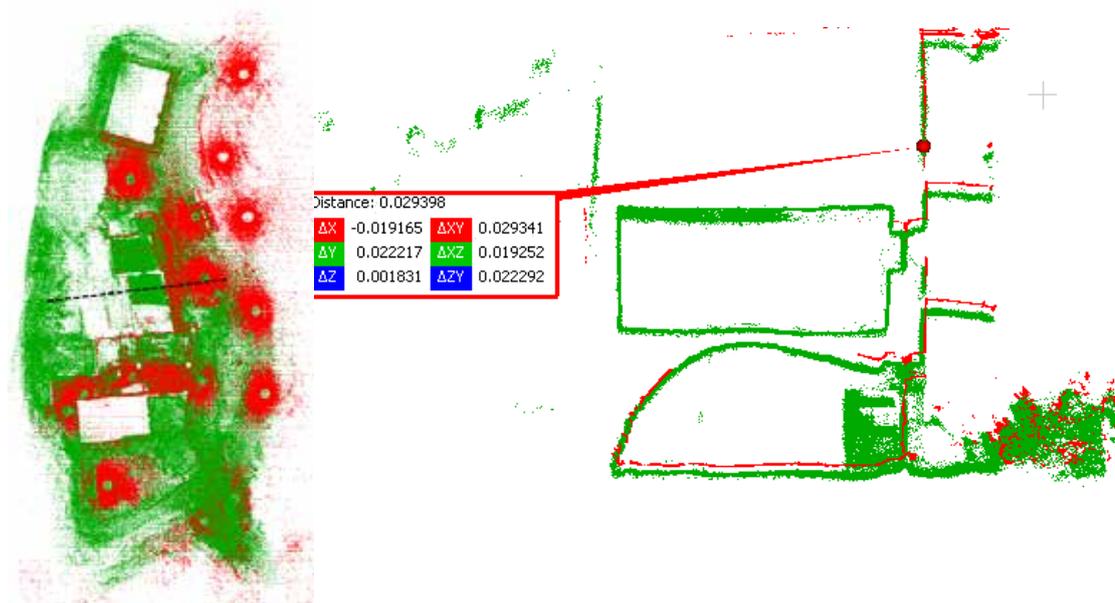


Fig.3.76- Verification of clouds, Zeb in green & LiDAR in red. Section through the central part in Cloud Compare, average deviation 0.029 meters

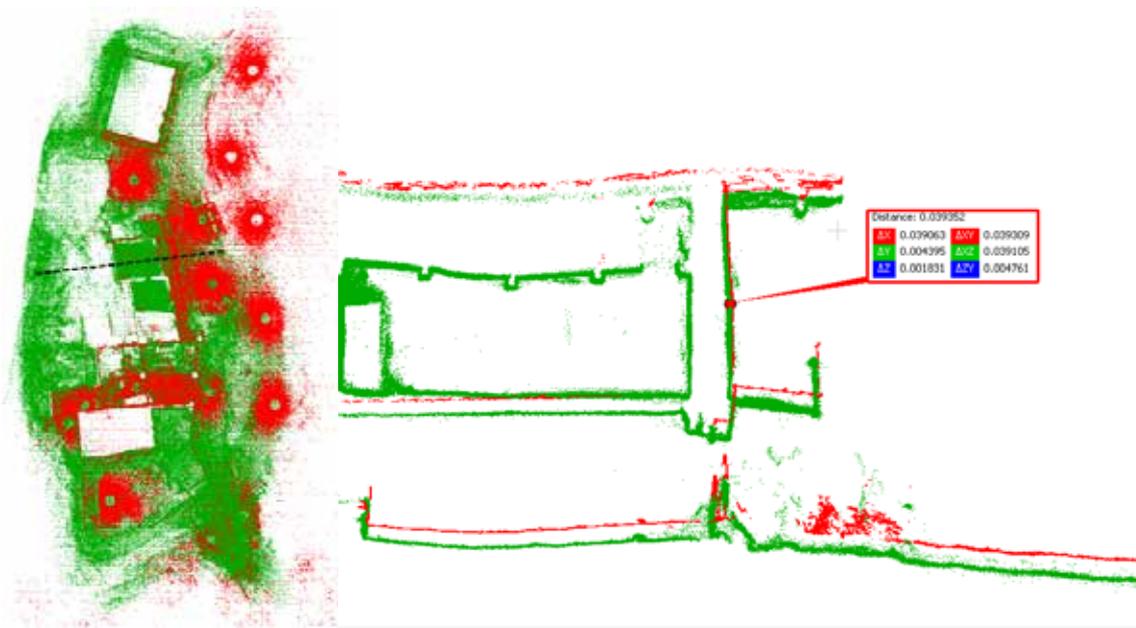


Fig.3.77 - Verification of clouds, Zeb in green & LiDAR in red. Section through the central part in Cloud Compare, average deviation 0.039 meters

On the other hand for the separated part of the Zeb revo Rt cloud, the small structure next to the Casa Corte, we perform the same steps of alignment by points and cross verify the deviations with the help of sections on Cloud compare. The results for the same are as shown.

Per quanto riguarda invece la parte separata della nuvola Zeb revo Rt, la piccola struttura accanto alla Casa Corte, si eseguono gli stessi passaggi di allineamento per punti e di verifica incrociata degli scostamenti con l'aiuto delle sezioni di Cloud compare.

Test 05

The alignment by points for the small structure separated from the zeb revo RT clouds and the LiDAR clouds. This segmentation of the Zeb cloud is done in order to decrease the drift error and achieve higher accuracy. Here the average deviation is 0.01 meters, which was the best result achieved so far, considering that the structure is well preserved.

Test 05

L'allineamento per punti per la piccola struttura separata dalle nuvole Zeb Revo RT e dalle nuvole LiDAR. Questa segmentazione della nuvola Zeb viene effettuata per diminuire l'errore di deriva e ottenere una maggiore precisione. Qui la deviazione media è di 0,01 metri, il miglior risultato ottenuto finora, considerando che la struttura è ben conservata.



Fig.3.78 - Alignment through points, using 6 points keeping the LiDAR cloud as a fixed reference.

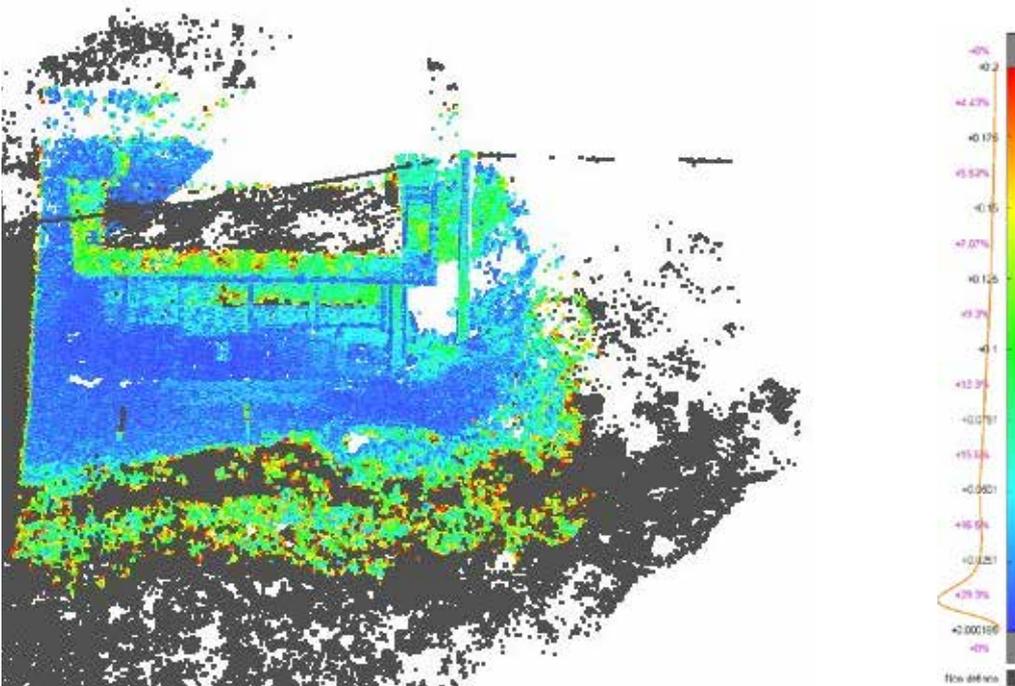


Fig.3.79 - Comparison result of the above mentioned alignment

3.7.1 Generation of the merged 3D model

After aligning all the three point clouds to each other, we focus more on achieving a single merged cloud, with the union of all three clouds, UAV flight cloud, the LiDAR cloud and the MMS, Zeb revo RT cloud respectively. For the generation of the 3D of Casa Corte, we decided to use the point clouds in two ways.

1. A union of point cloud from the UAV Flight and the point cloud from LiDAR.
2. The point cloud with the union of the two clouds from Zeb Revo RT.

The cloud from UAV and LiDAR provides us with the clear information of the exterior and also indicates the texture and the materials. On the other hand, the point cloud from Zeb Revo RT is very important to provide us with the interiors and the wall thickness of Casa Corte. This helps us in the generation of the 2D drawings, the process of which will be exported in the coming chapter.

3.7.1 Generazione del modello 3D complessivo

Dopo aver allineato tutte e tre le nuvole di punti tra loro, ci siamo concentrati maggiormente sul raggiungimento di un'unica nuvola unita, con l'unione di tutte e tre le nuvole, rispettivamente la nuvola di volo UAV, la nuvola LiDAR e la nuvola MMS, Zeb revo RT. Per la generazione del 3D di Casa Corte, abbiamo deciso di utilizzare le nuvole di punti in due modi.

1. Unione della nuvola di punti del volo UAV e della nuvola di punti LiDAR.
2. La nuvola di punti con l'unione delle due nuvole da Zeb Revo RT.

La nuvola da UAV e LiDAR ci fornisce informazioni chiare sull'esterno e indica anche la texture e i materiali. D'altra parte, la nuvola di punti di Zeb Revo RT è molto importante per fornire gli interni e lo spessore dei muri di Casa Corte. Questo ci aiuta nella generazione dei disegni 2D, il cui processo sarà esportato nel prossimo capitolo.



Fig.3.80- View of the merged cloud from UAV & LiDAR, showing the textures and materials.

Fig.3.81 - View of the merged cloud from UAV & LiDAR, showing the textures and materials.



Fig.3.82 - Sectional view of the merged cloud from UAV & LiDAR, showing the textures and materials.



Fig.3.83 - View of the merged cloud from UAV & LiDAR, showing the textures and materials.



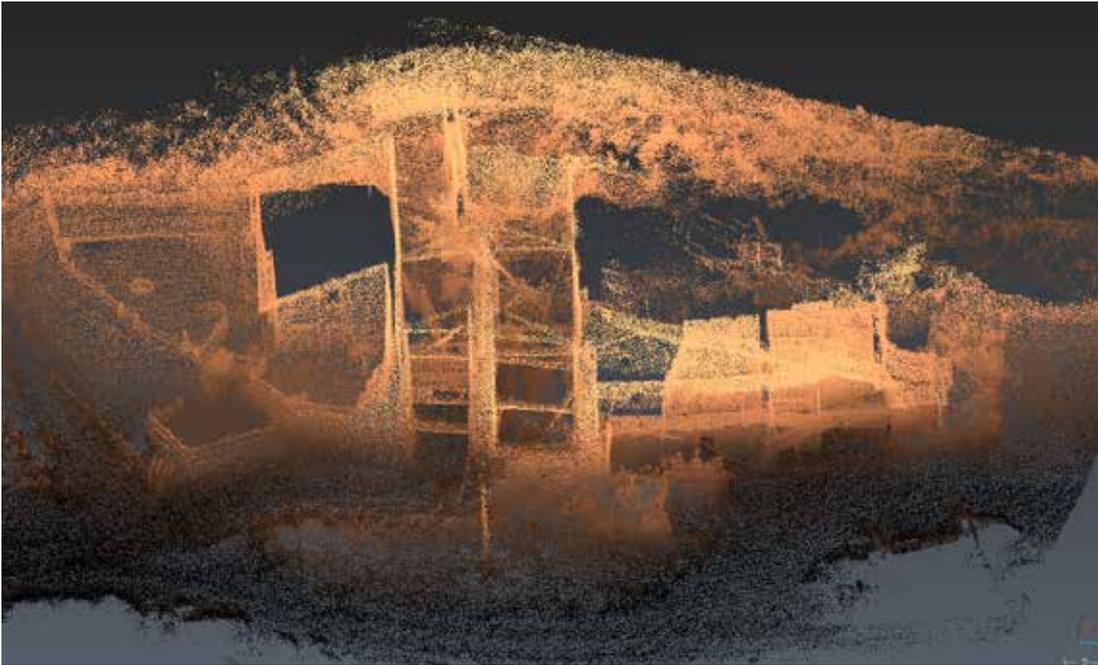


Fig.3.84 - View of the cloud from Zeb Revo RT showing interior profiles and wall thickness.



Fig.3.85 - View of the cloud from Zeb Revo RT showing interior profiles and wall thickness.



Fig.3.86 - Zoom in view of the cloud from Zeb Revo RT showing interior spaces and thicknesses.

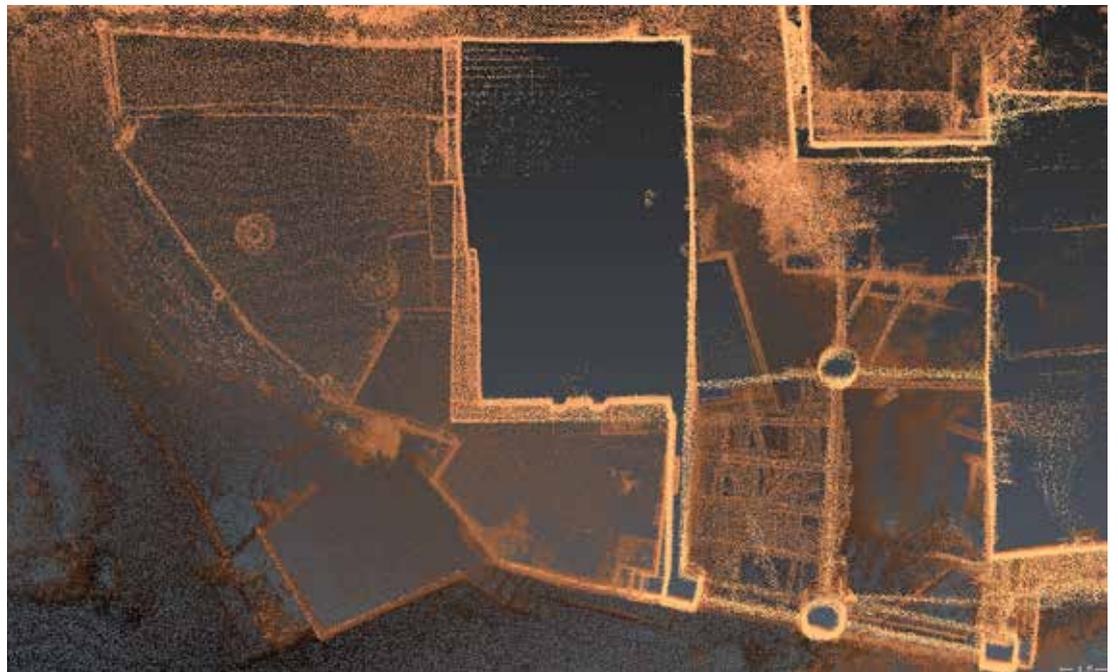


Fig.3.87 - Zoom in view of the cloud from Zeb Revo RT showing interior spaces and thicknesses.

3.7.2 Realization of architectural drawings using integrated vector and raster data

PointCab allows the process of extracting raster images from the point cloud of a file in LAS extension coming from the 3Dresaper software. These images are obtained through a selection in section or in plan of a portion of the cloud creation, as mosaics and depending on the depth, contours that give information about the building such as: wall thickness, materiality, interior space, height, depth and slope of the land. Once the images are obtained, we use AutoCad to trace the contour lines in order to generate technical and precise drawings of the survey carried out.

Two types of clouds were analyzed in Point-Cab. First one, the cloud generated by mavick and LiDar (Fig.83) which, through parallel and perpendicular sections to Casa Corte, obtained information from the outside of the house. With this procedure we generated the architectural elevations and in addition, it also allows us to have information on the materials found in Casa Corte with the help of Point Cab's texture detection and color export option. On the other hand, the cloud generated by ZEB (Fig.84), repeating the same process of parallel and perpendicular sections, we obtain the information from the inside of the house.

3.7.2 Realizzazione di disegni architettonici utilizzando dati vettoriali e raster integrati

PointCab consente il processo di estrazione di immagini raster dalla nuvola di punti di un file in estensione LAS proveniente dal software 3Dresaper. Queste immagini si ottengono attraverso la selezione in sezione o in pianta di una porzione della nuvola creata, come mosaici e, a seconda della profondità, contorni che forniscono informazioni sull'edificio quali: spessore dei muri, materialità, spazio interno, altezza, profondità e pendenza del terreno. Una volta ottenute le immagini, utilizziamo AutoCad per tracciare le curve di livello al fine di generare disegni tecnici e precisi del rilievo effettuato.

disegni tecnici e precisi del rilievo effettuato.

In PointCab sono stati analizzati due tipi di nuvole. La prima, la nuvola generata da mavick e LiDar (Fig. 83) che, attraverso sezioni parallele e perpendicolari a Casa Corte, ha ottenuto informazioni dall'esterno della casa. Con questa procedura abbiamo generato i prospetti architettonici e, inoltre, ci permette di avere informazioni sui materiali presenti a Casa Corte con l'aiuto dell'opzione di rilevamento delle texture e di esportazione dei colori di Point Cab. D'altra parte, la nuvola generata da ZEB (Fig. 84), ripetendo lo stesso processo di sezioni parallele e perpendicolari, ci permette di ottenere le informazioni dall'interno della casa.

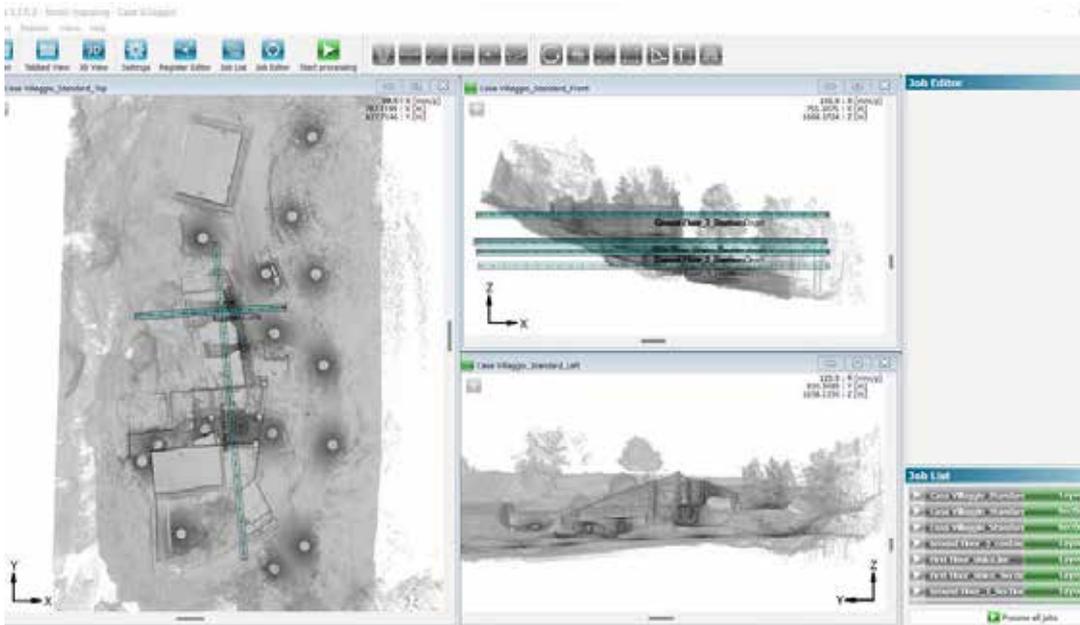


Fig.3.88 - A view of the point cloud generated from Mavic & LiDAR.

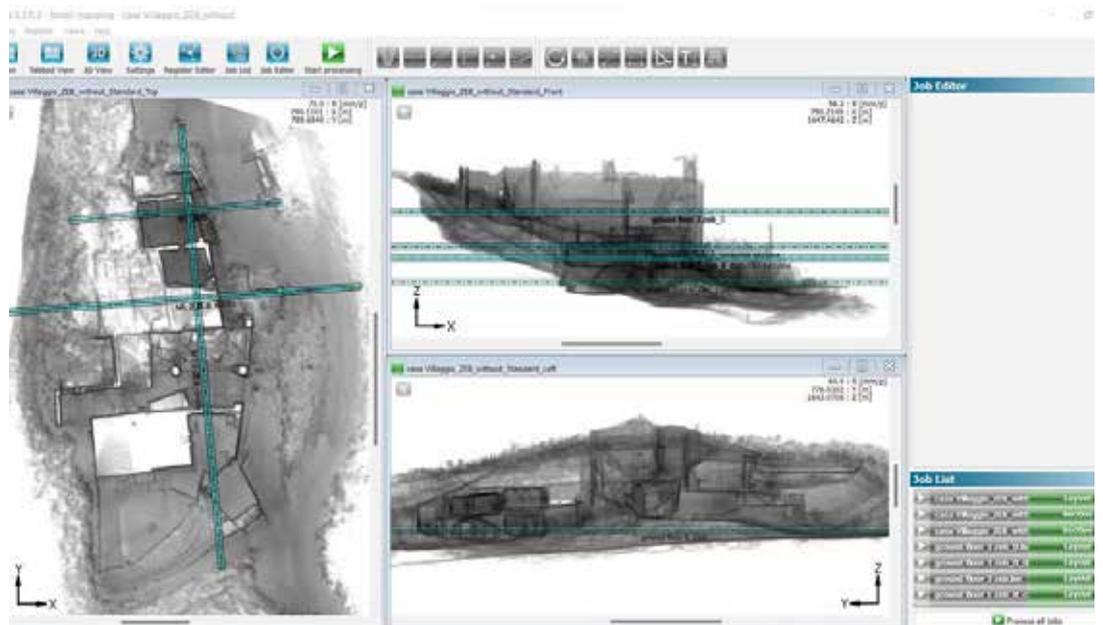


Fig.3.89 - A view of the point cloud generated from MMS by Zeb Revo RT.

With this procedure we generate architectural sections and plans at a high level of detail. Both clouds give us different information about the same building which is why it was necessary to generate a reference plan in AutoCAD (Fig.85) to know exactly, with the coordinate system, where the section line passes, in this way it was possible to superimpose exactly all the raster images of the same building but with different information and thus obtain a precise architectural technical drawing.

However, in some cases, due to the density of the cloud that was not very high, the raster image did not give us the necessary information to be able to understand if an object is ahead or behind, it means, to understand exactly the portion of the cloud where the section line was cutting to be able to make the trace in Autocad, for this reason we generated 3 different types of raster images in both clouds: "Layout" (Fig.86) to generate plans in the top view, "Section" (image 05) to generate sections in the elevation views and "Delta" (Fig.87) in both views (plan and elevation) to generate a heat map that allows us to understand the depth of the clipped objects, where red being the closest object and blue being the farthest object. At the same time, it is possible to obtain different results with the "Job Editor" panel within each type of raster image depending on the type of information you want to obtain, for example: in the "Parameters" window it is possible to precisely set the depth(- Fig.88) range in meters (or the unit in which you are working) from the cut line in section or plan.

Con questa procedura si generano sezioni e piante architettoniche ad alto livello di dettaglio. Entrambe le nuvole ci danno informazioni diverse sullo stesso edificio, per cui è stato necessario generare una pianta di riferimento in AutoCAD (Fig. 85) per sapere esattamente, con il sistema di coordinate, dove passa la linea di sezione; in questo modo è stato possibile sovrapporre esattamente tutte le immagini raster dello stesso edificio ma con informazioni diverse e ottenere così un disegno tecnico architettonico preciso.

Tuttavia, in alcuni casi, a causa della densità della nuvola non molto elevata, l'immagine raster non forniva le informazioni necessarie per poter capire se un oggetto si trova davanti o dietro, cioè per capire esattamente la porzione di nuvola dove passava la linea di sezione per poter fare il tracciato in Autocad, per questo motivo abbiamo generato 3 diversi tipi di immagini raster in entrambe le nuvole: "Layout" (Fig.86) per generare le piante nella vista dall'alto, "Section" (immagine 05) per generare le sezioni nelle viste in elevazione e "Delta" (Fig.87) in entrambe le viste (pianta e elevazione) per generare una mappa di calore che ci permette di capire la profondità degli oggetti ritagliati, dove il rosso è l'oggetto più vicino e il blu quello più lontano. Allo stesso tempo, è possibile ottenere risultati diversi con il pannello "Job Editor" all'interno di ogni tipo di immagine raster a seconda del tipo di informazione che si vuole ottenere, ad esempio: nella finestra "Parametri" è possibile impostare con precisione l'intervallo di profondità (Fig.88) in metri (o nell'unità di misura in cui si lavora) dalla linea di taglio in sezione o in pianta.

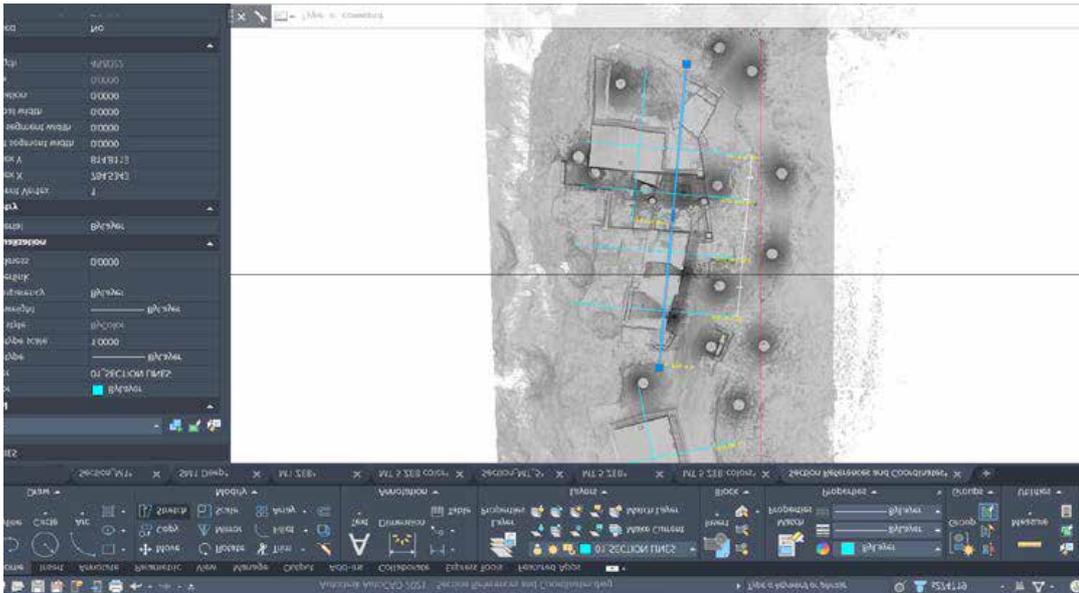


Fig.3.90 - Plan generated for reference in Autocad software.

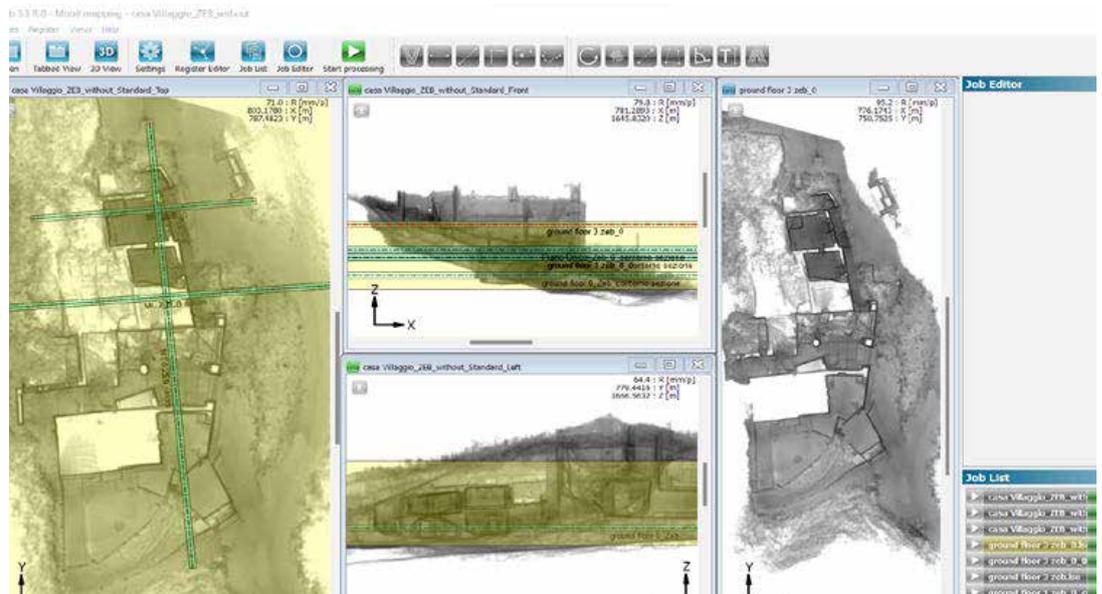


Fig.3.91 -References generated in autocad software, from both clouds.

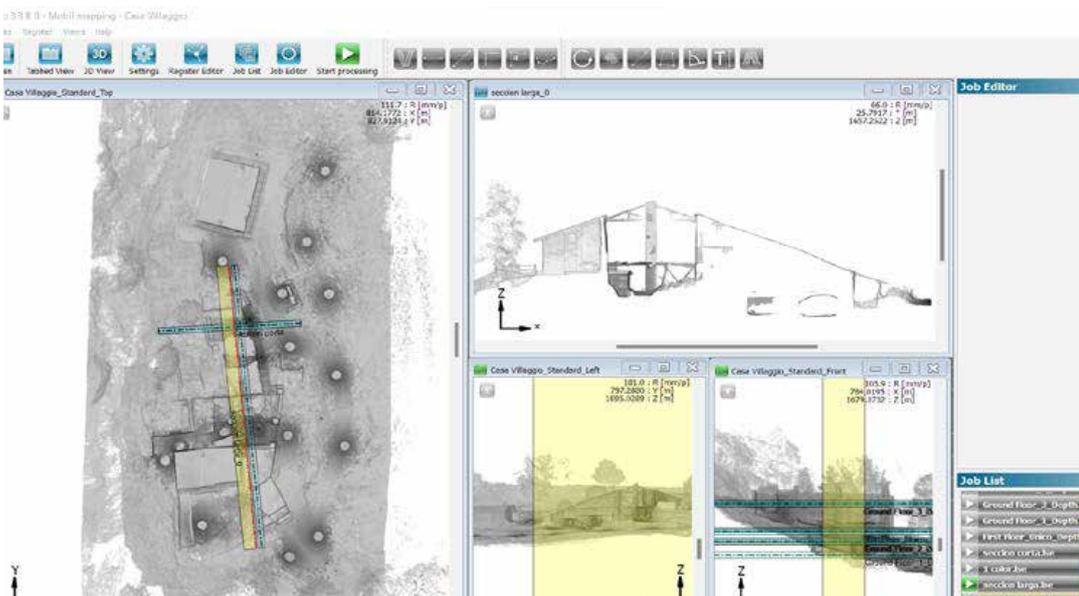


Fig.3.92 - Section generated to raster.

Also, in the "Processing" window it is possible to control the quality in pixels of the raster image and depending on the cloud (lidar and mavick) set the amount of "color" (texture) desired in the image(Fig.89) or (ZEB) a solid color for the entire cloud, and as a final step an export of the file in DWG is made.

With the rasterized images we were able to trace the contours to generate the architectural drawings. In order to have accurate drawings, taking into consideration the different inclinations and orientations of the images, it was necessary to create an own UCS for each image and in this way we would obtain the real dimensions of Casa Corte without having errors of proportion.(Fig.90)

Inoltre, nella finestra "Elaborazione" è possibile controllare la qualità in pixel dell'immagine raster e, a seconda della nuvola (lidar e mavick), impostare la quantità di "colore" (texture) desiderata nell'immagine (Fig. 89) o (ZEB) un colore solido per l'intera nuvola, e come passo finale viene effettuata un'esportazione del file in DWG.

Con le immagini rasterizzate siamo stati in grado di tracciare i contorni per generare i disegni architettonici. Per avere disegni accurati, tenendo conto delle diverse inclinazioni e orientamenti delle immagini, è stato necessario creare un proprio UCS per ogni immagine e in questo modo si sarebbero ottenute le dimensioni reali di Casa Corte senza avere errori di proporzione.(Fig.90)

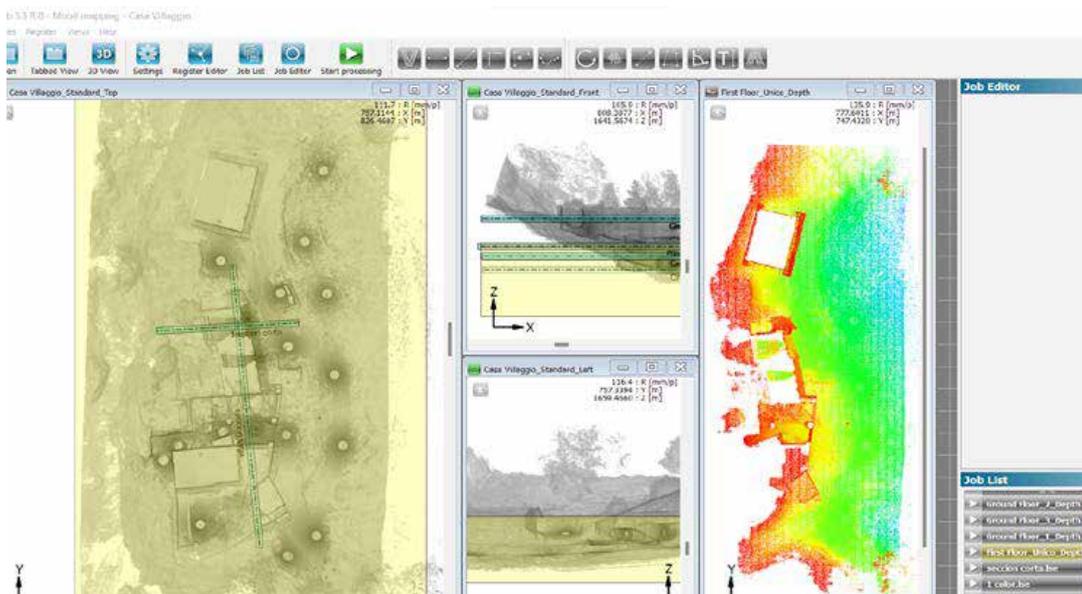


Fig.3.93 - heat map generated to know the depths.

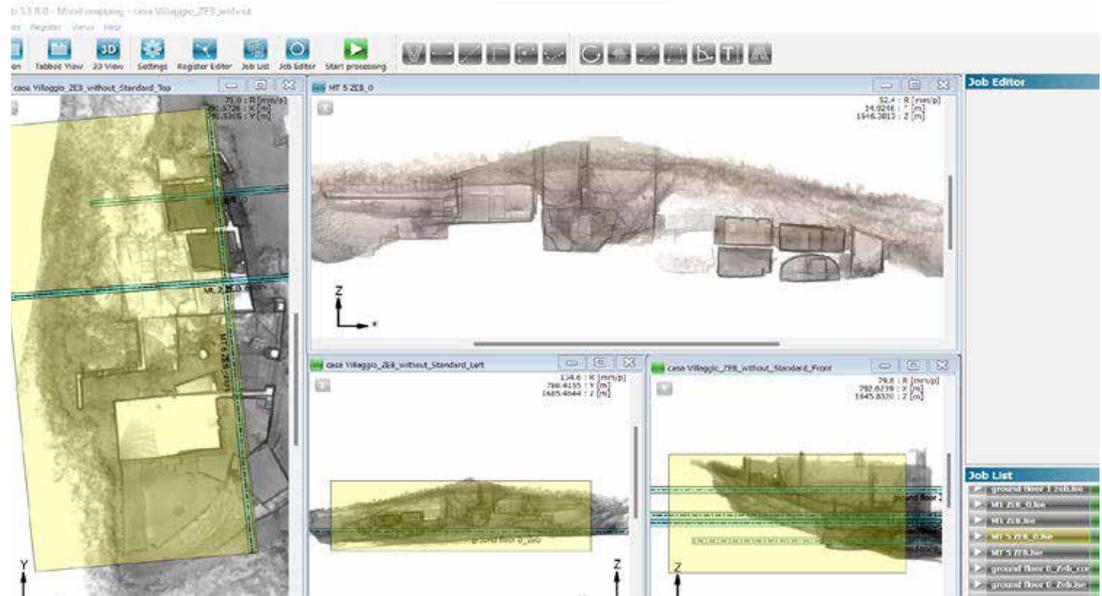


Fig.3.94

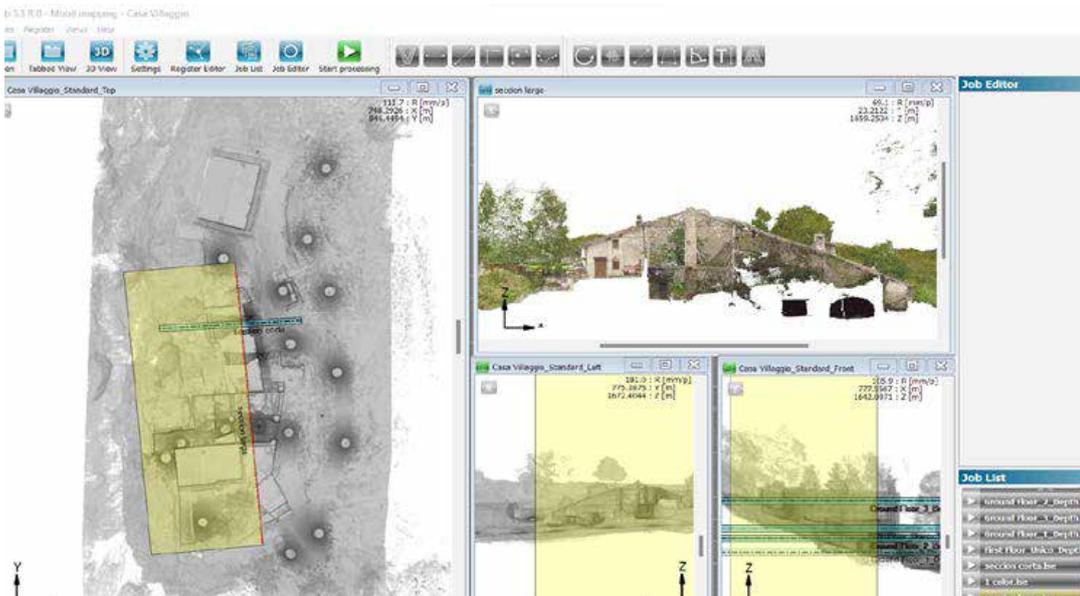


Fig.3.95 - Elevation generated with texture to later raster in autocad.

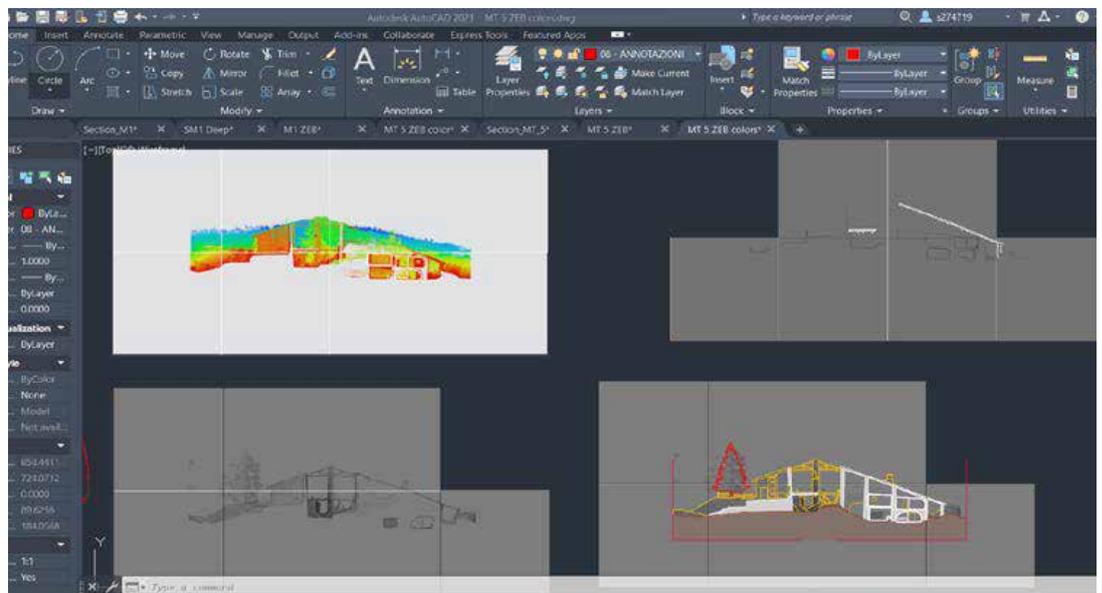
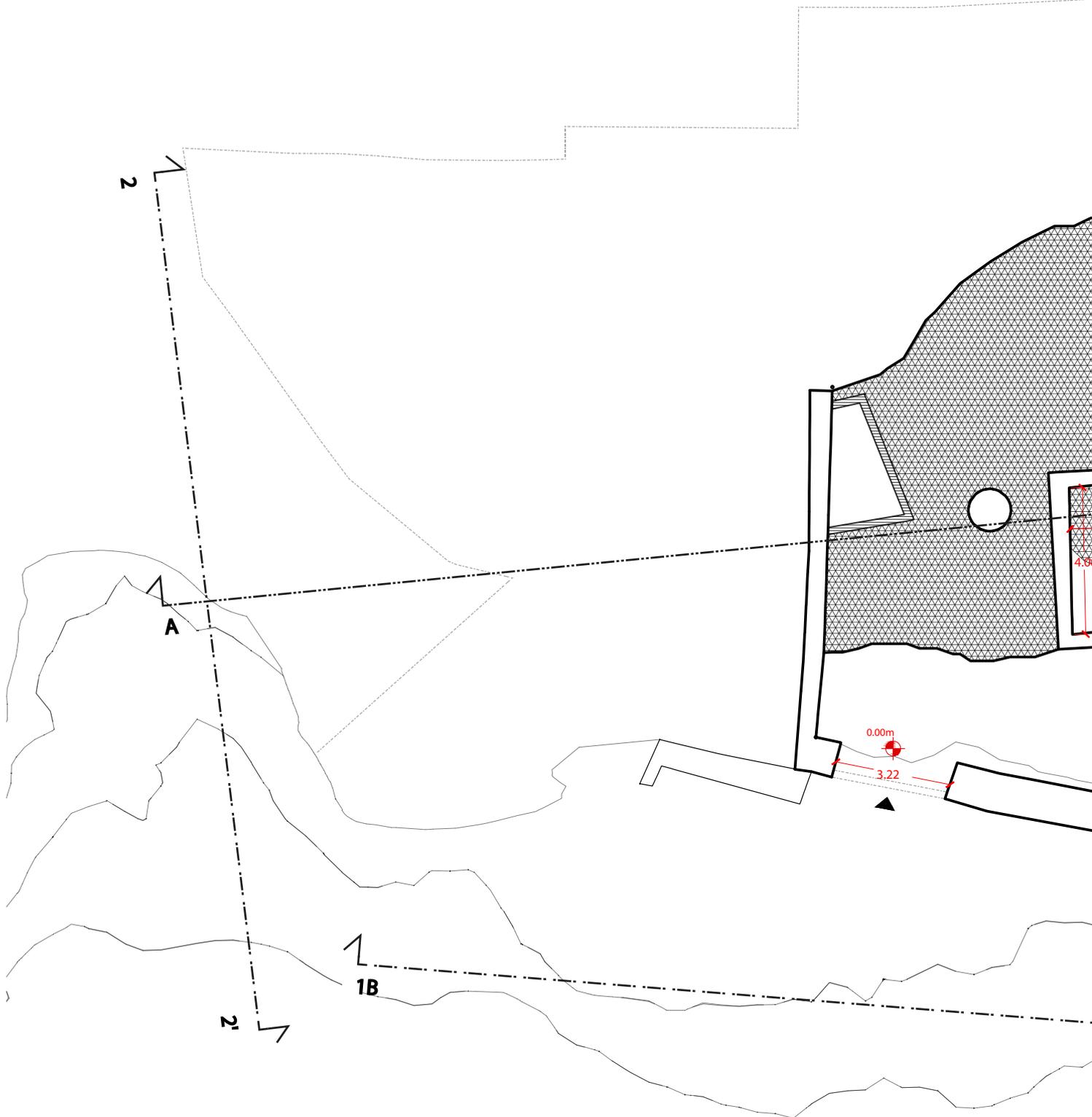


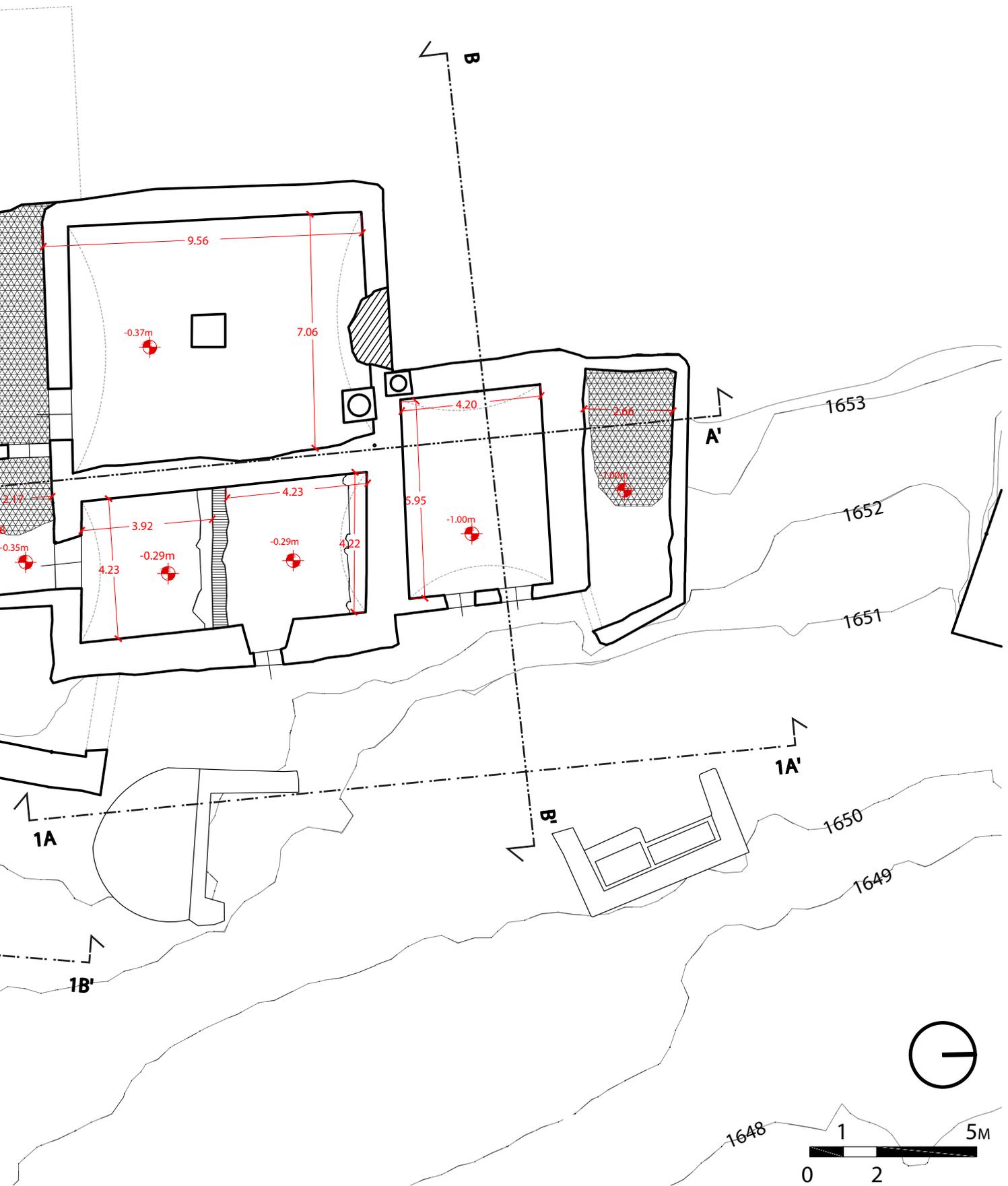
Fig.3.96 - Accurate drawings generated by raster in autocad.

- ▣ — Section line
- ▣ — Projected elements above
- ▣ — Collapsed elements
- ▣ — Added elements
- — View elements
- — Contours
- - - - Section views
- ▣ — Vegetation/Terrain growth

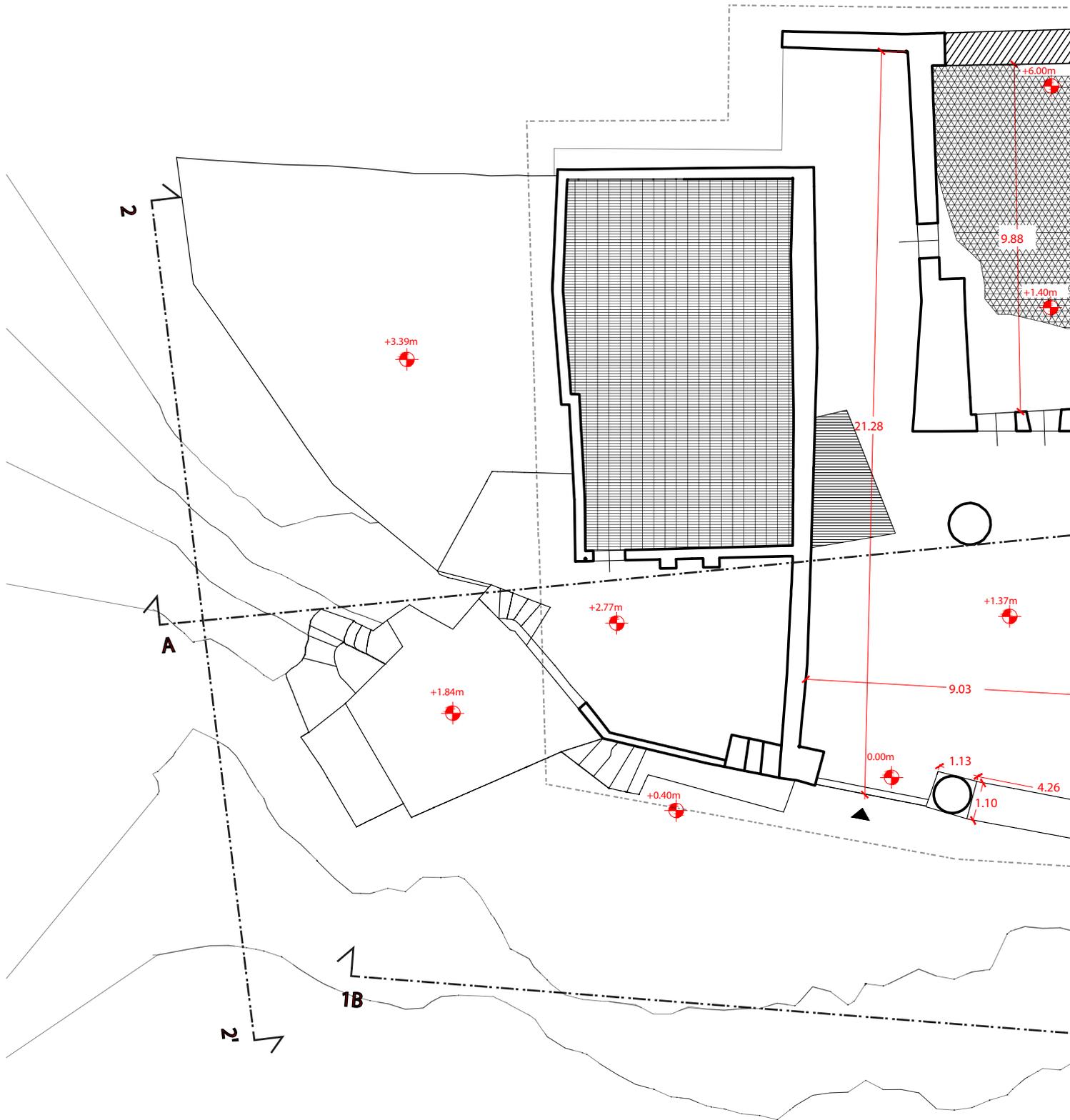


PIANO TERRA - 1:150
 GROUND FLOOR - 1:150

Fig.3.97- Ground floor plan for casa corte, rastered in Autocad software and generated in the point cab software



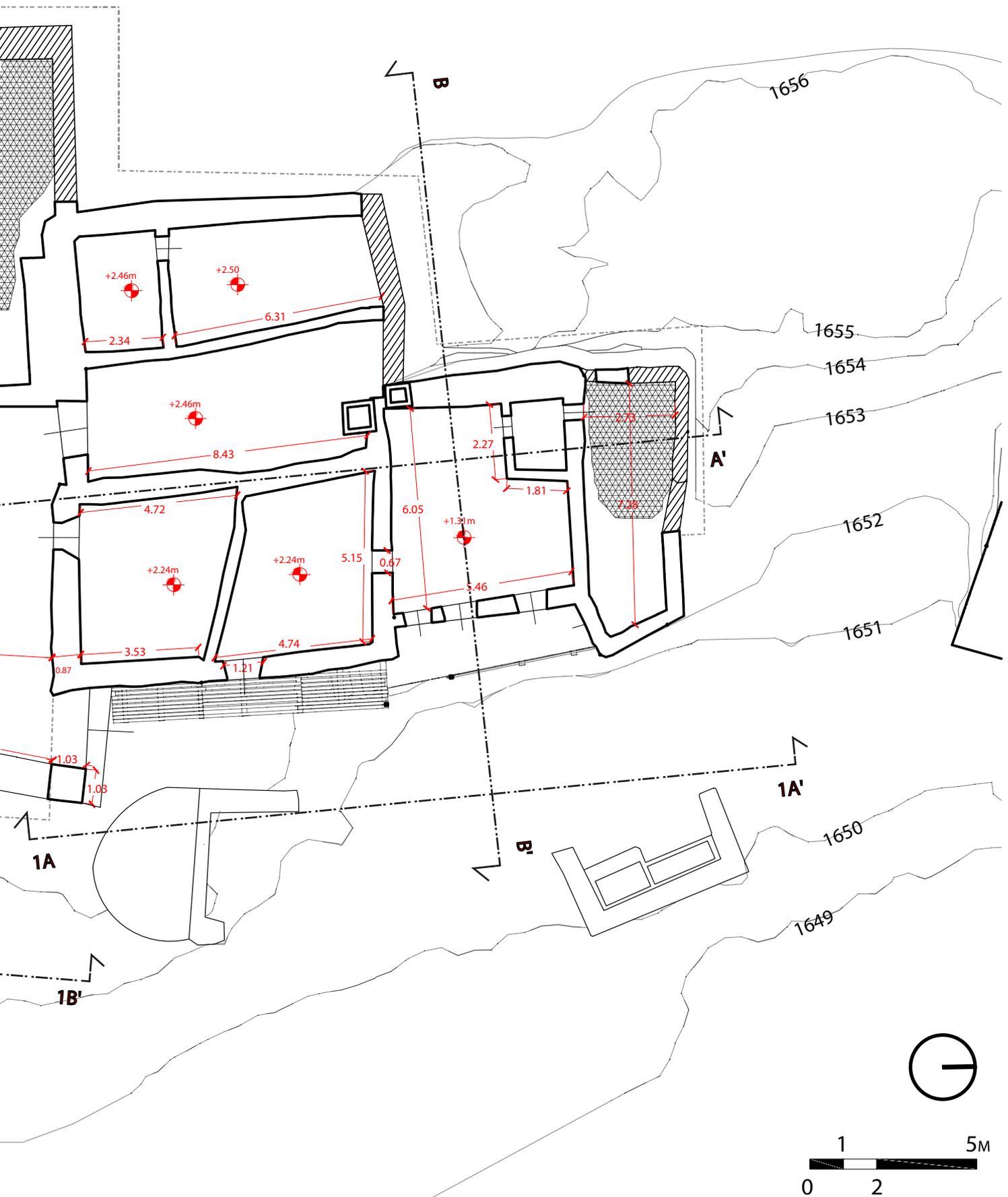
- ▣ — Section line
- — Projected elements above
- ▨ — Collapsed elements
- ▧ — Added elements
- — View elements
- — Contours
- — Section views
- — Collapsed roof
- ▨ — Vegetation
- ▧ — Not surveyed



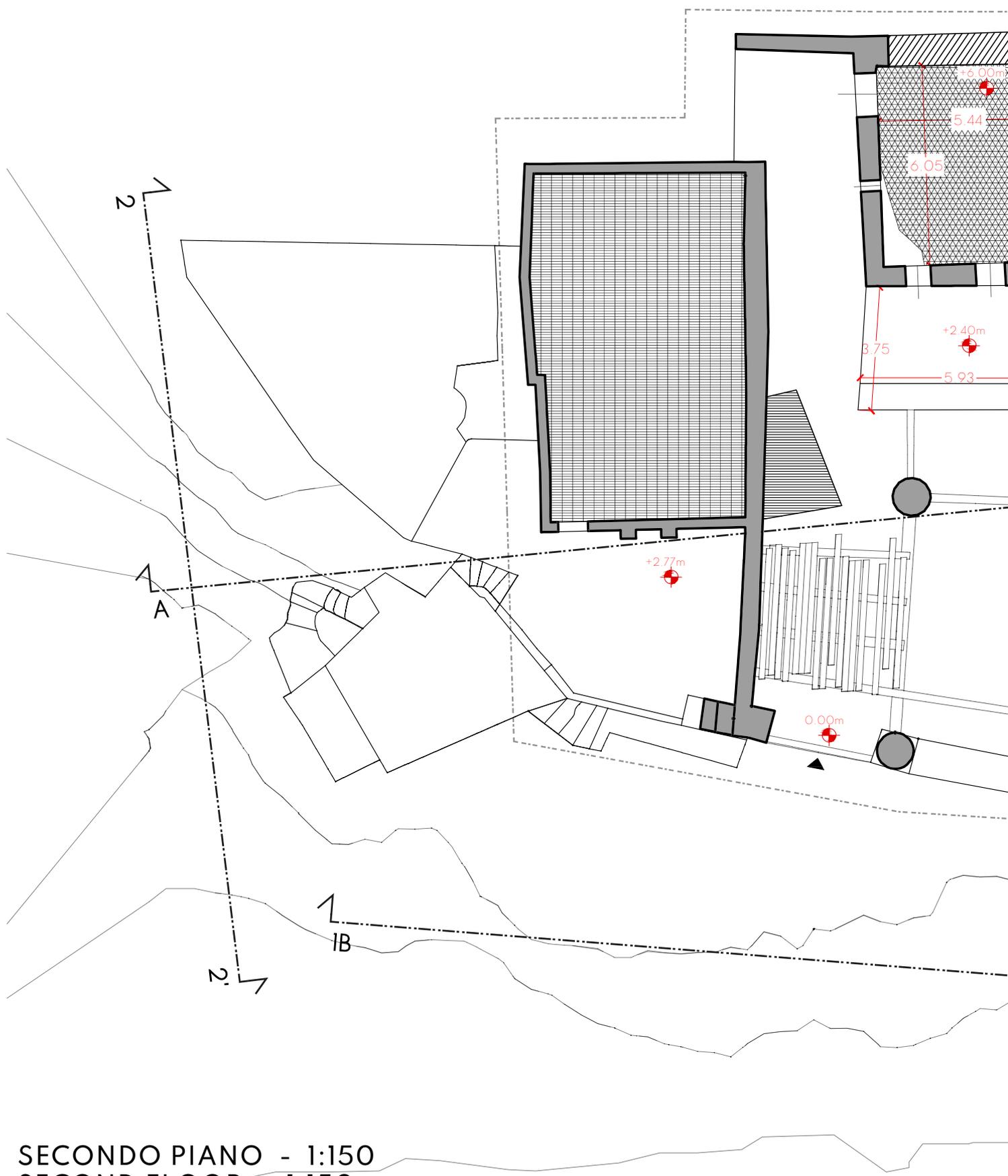
PRIMO PIANO - 1:150
 FIRST FLOOR - 1:150

Fig.3.98- First floor Plan for Casa Corte, rastered in Auto-cad software & generated in point cab software

on/Terrain growth
eyed zone



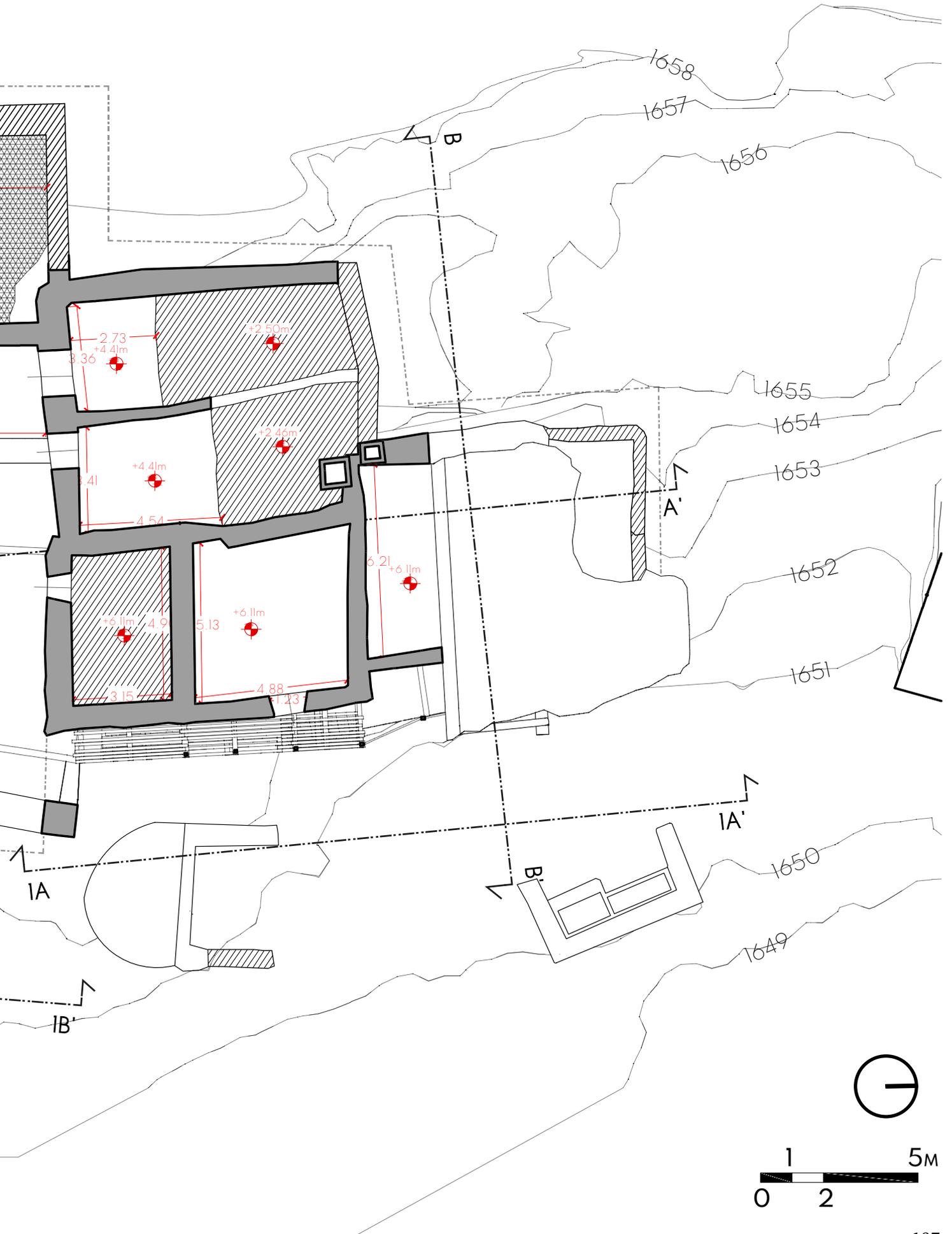
- Section elements
- Projected elements above
- ▨ Collapsed elements
- ▧ Added elements
- View elements
- Contours
- - - Section views
- - - Collapsed roof
- ▩ Vegetat
- ▧ Not surv

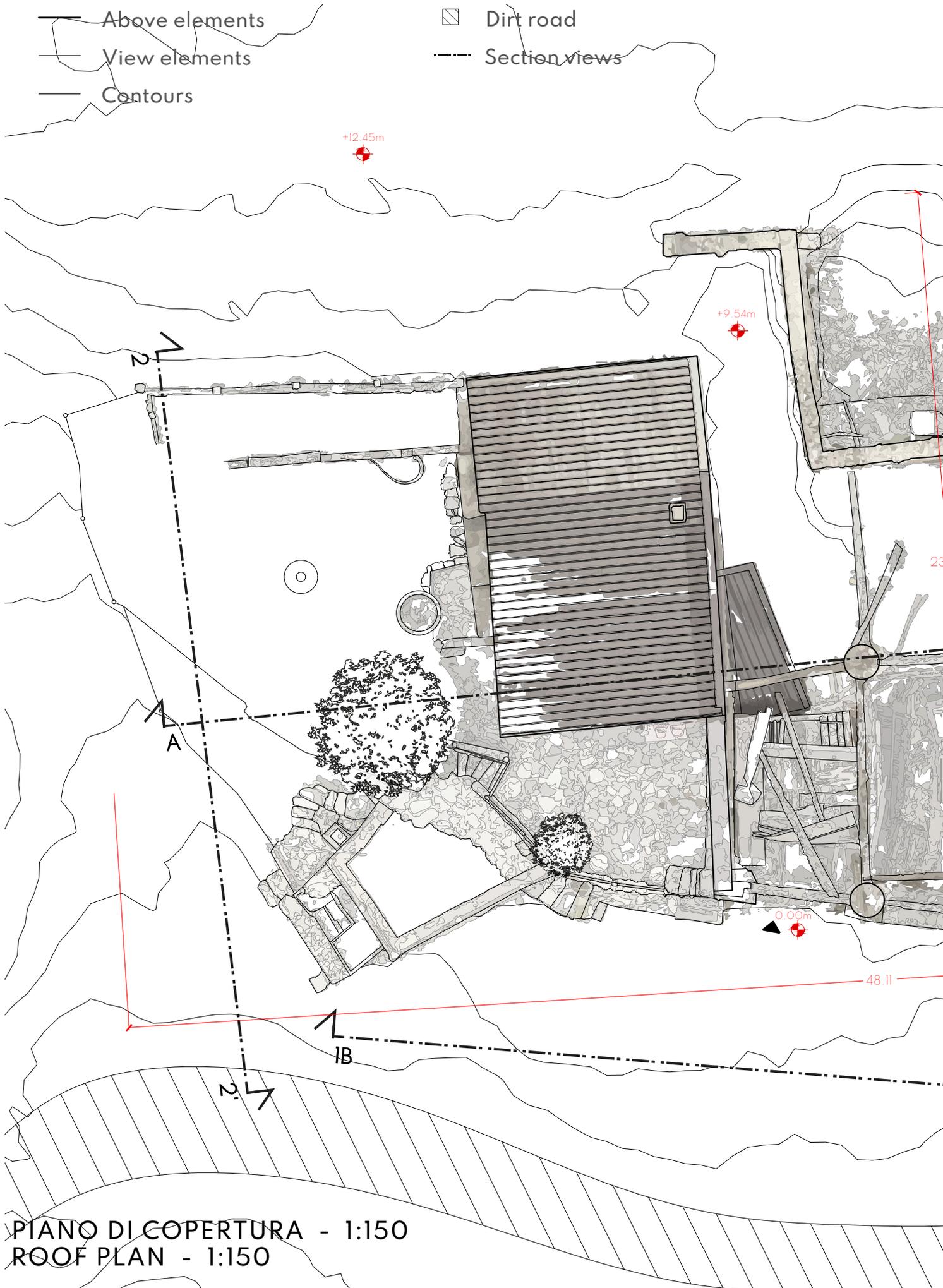


SECONDO PIANO - 1:150
 SECOND FLOOR - 1:150

Fig.3.99- Second floor plan for Casa Corte, rastered in Autocad software & generated in point cab software

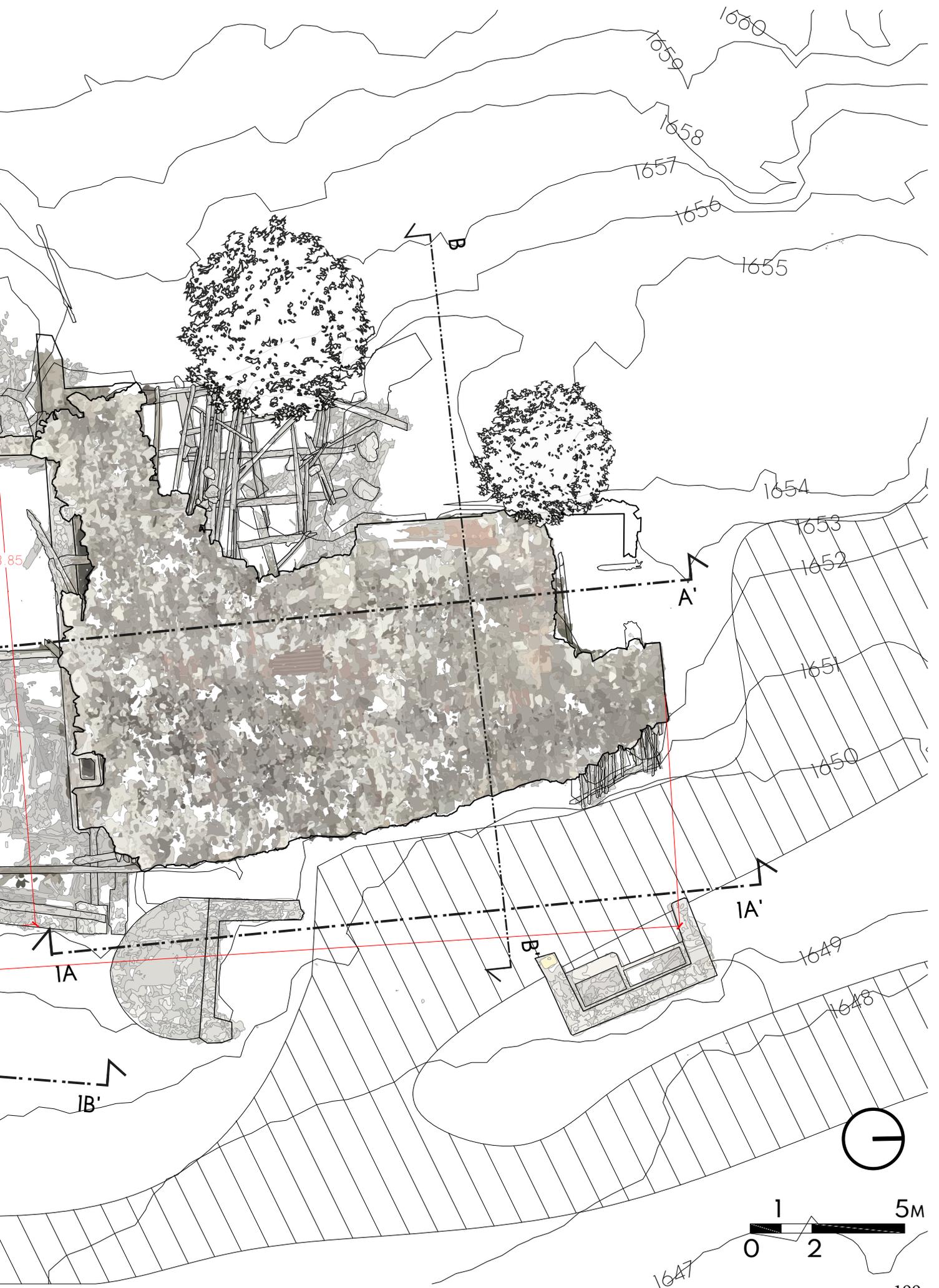
ion/Terrain growth
eyed zone



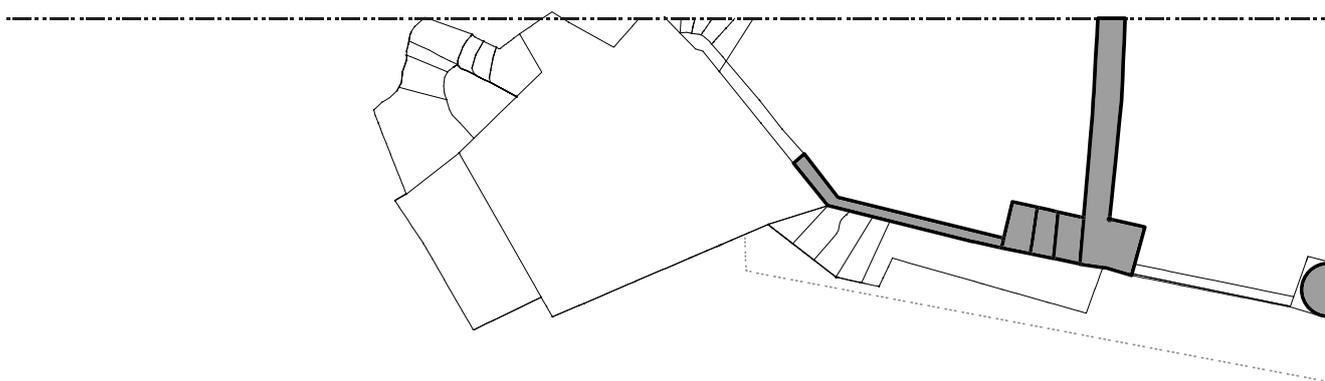


PIANO DI COPERTURA - 1:150
 ROOF PLAN - 1:150

Fig.3.100- Roof plan for Casa Corte, rastered in Autocad software & generated using the orthophoto.

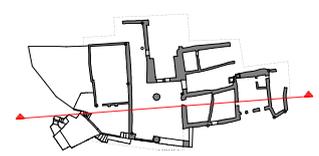
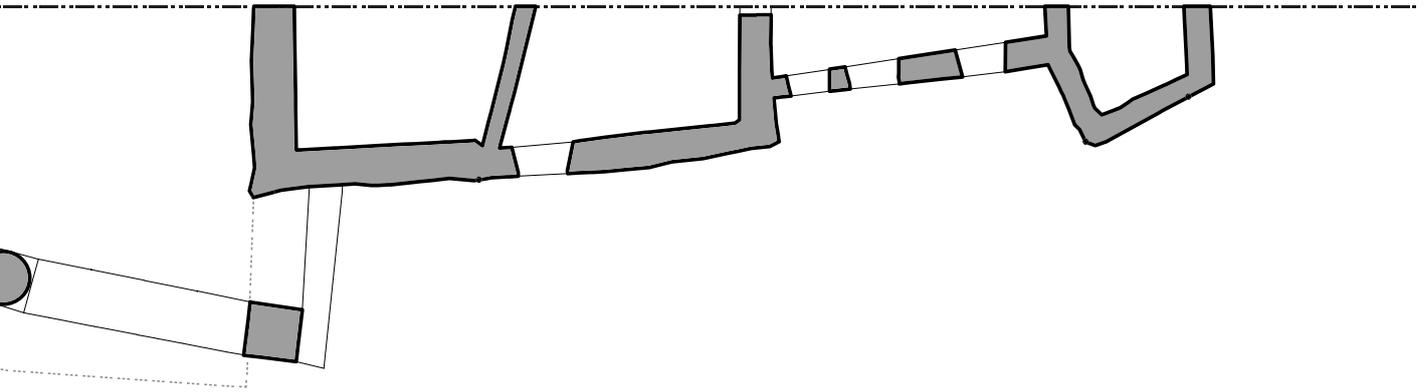
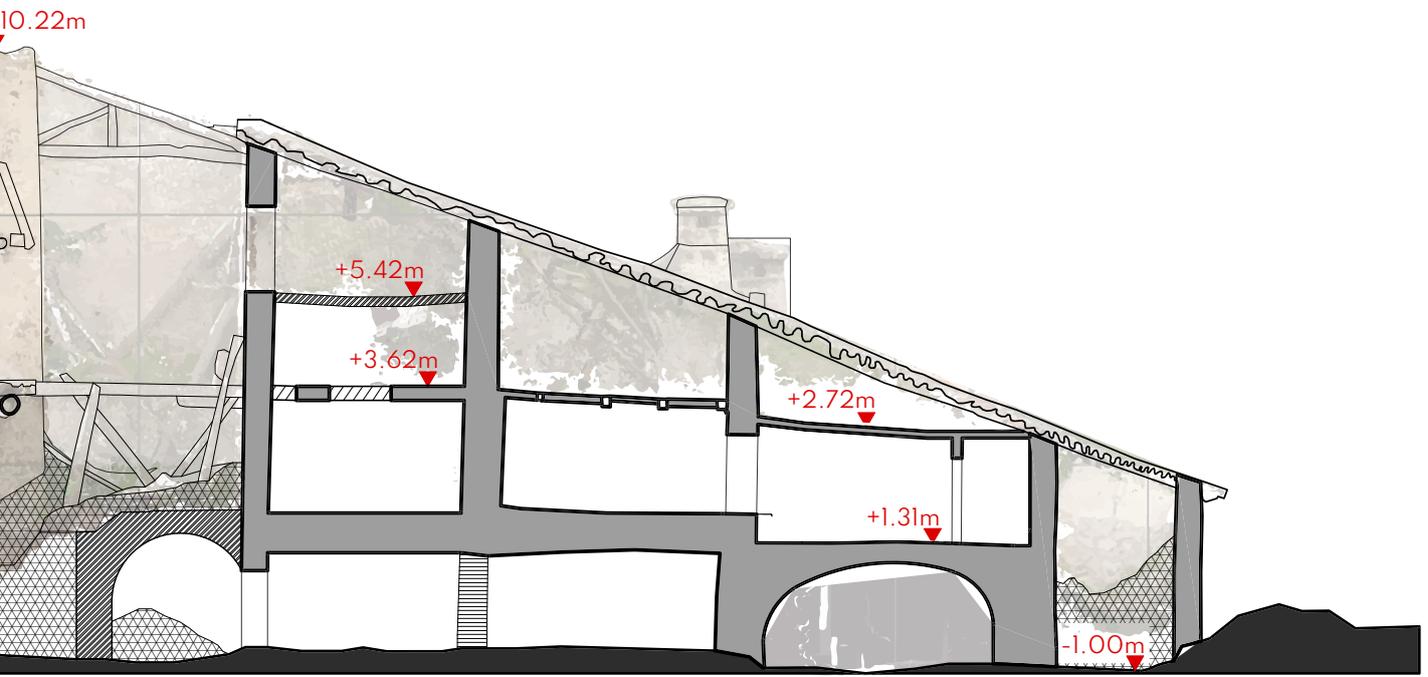


- Section elements
- Section views
- View front elements
- View back elements
- Sectioned ground
- ▨ Vegetation/Terrain growth
- ▩ Collapsing elements
- ▧ Collapsed elements

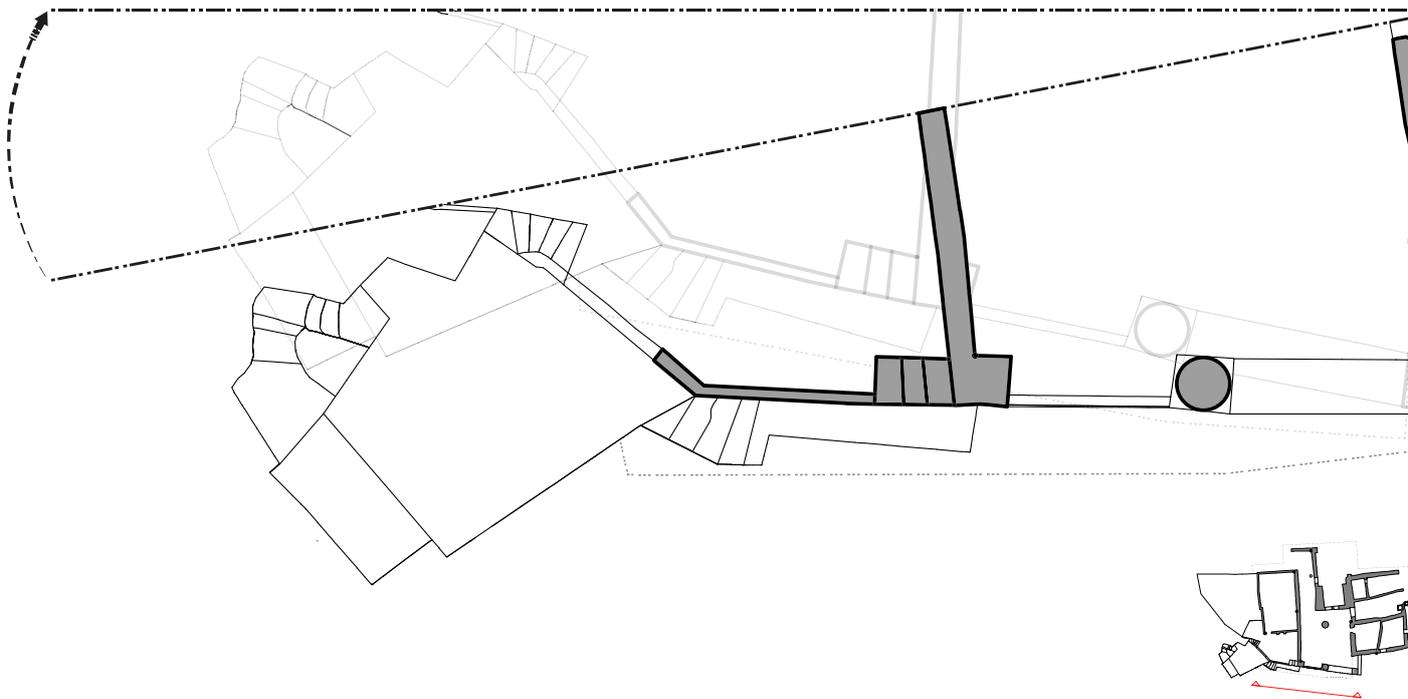
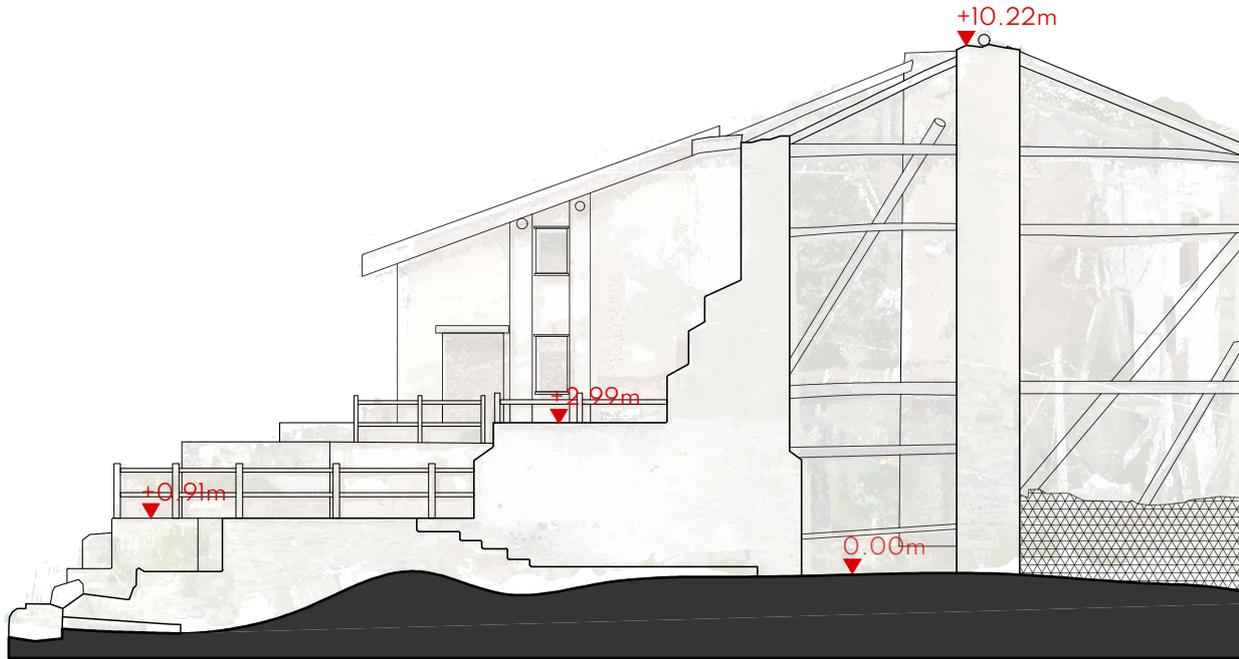


SEZIONE A-A' - 1:150
SECTION A-A' - 1:150

Fig.3.101- Section for Casa Corte, Rastered in Autocad software, generated from Point Cab software.

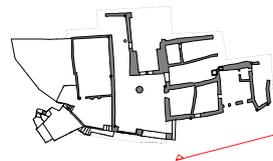
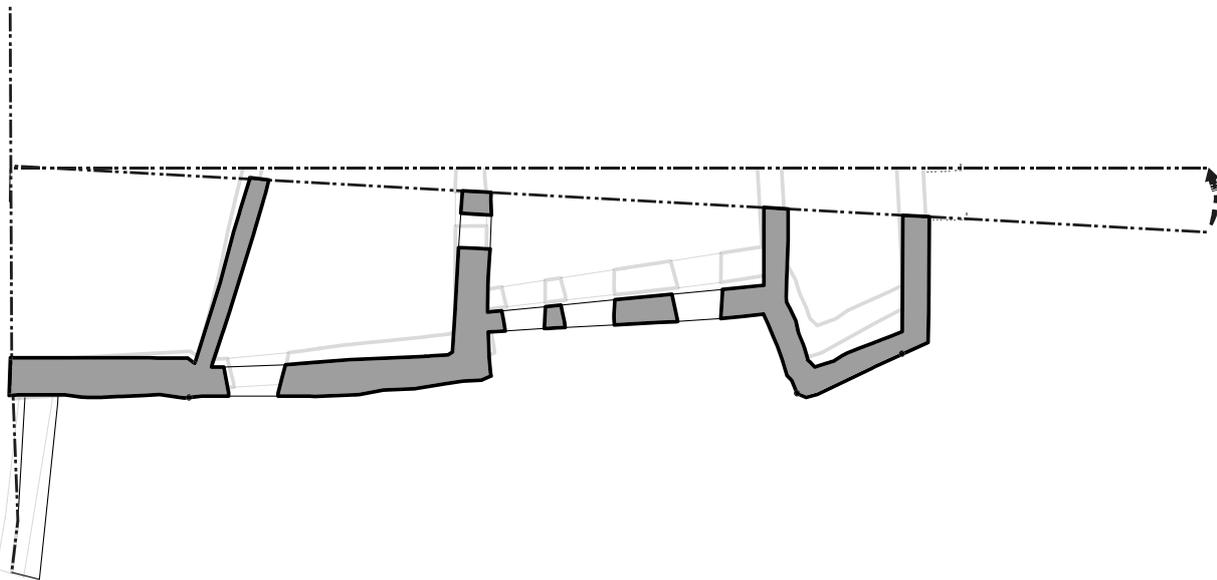
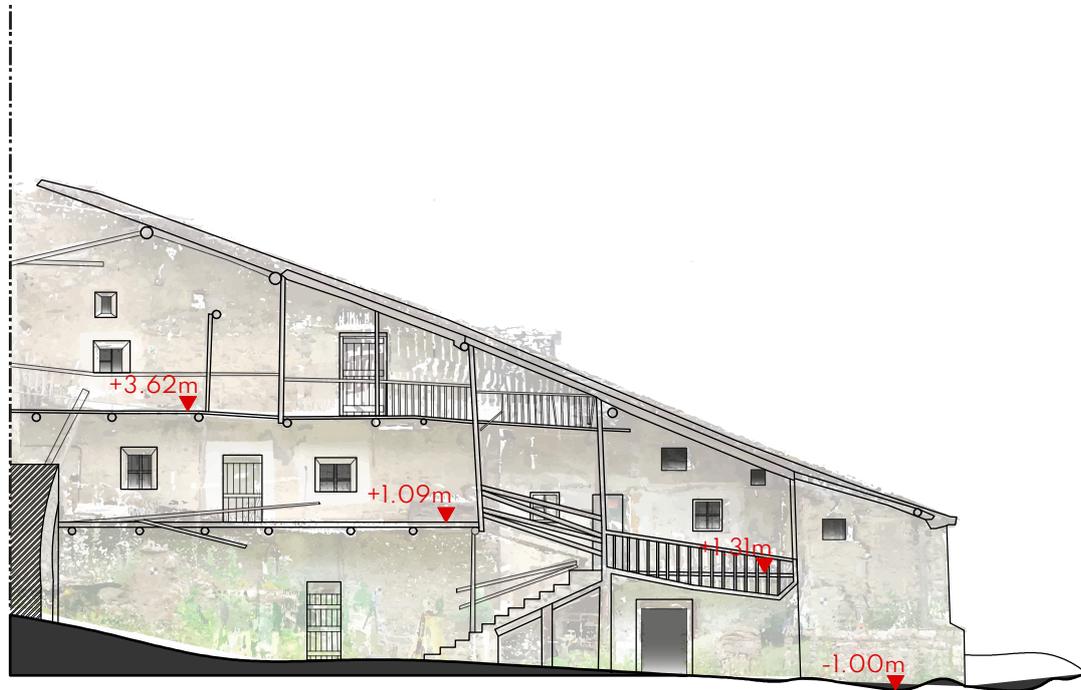


- Section elements
- Section views
- View front elements
- View back elements
- Sectioned ground
- ▨ Vegetation/Terrain growth
- ▩ Collapsing elements

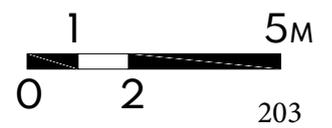


ELEVAZIONE 1B-1B' - 1:150
 ELEVATION 1B-1B' - 1:150

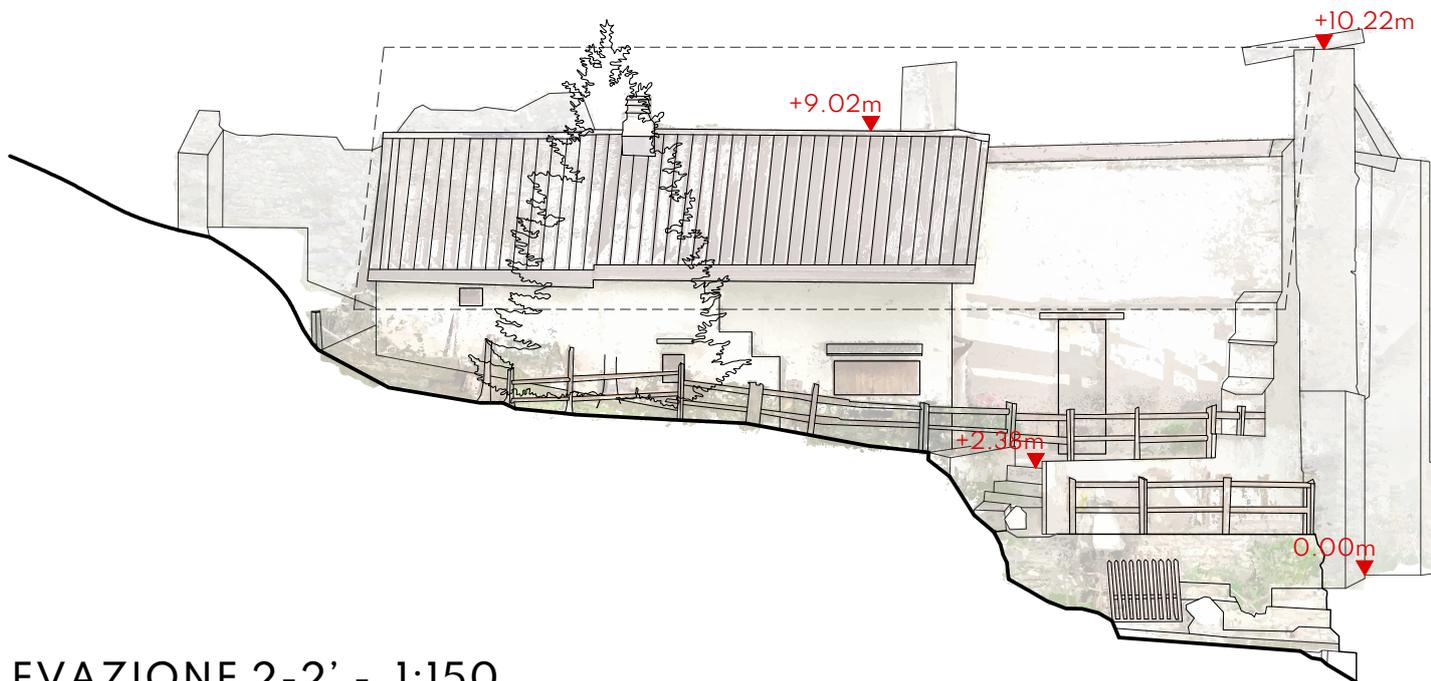
Fig.3.102- East elevation for Casa Corte, Rastered in Auto-cad software, generated from 3D reshaper software.



ELEVAZIONE 1A-1A' - 1:150
ELEVATION 1A-1A' - 1:150

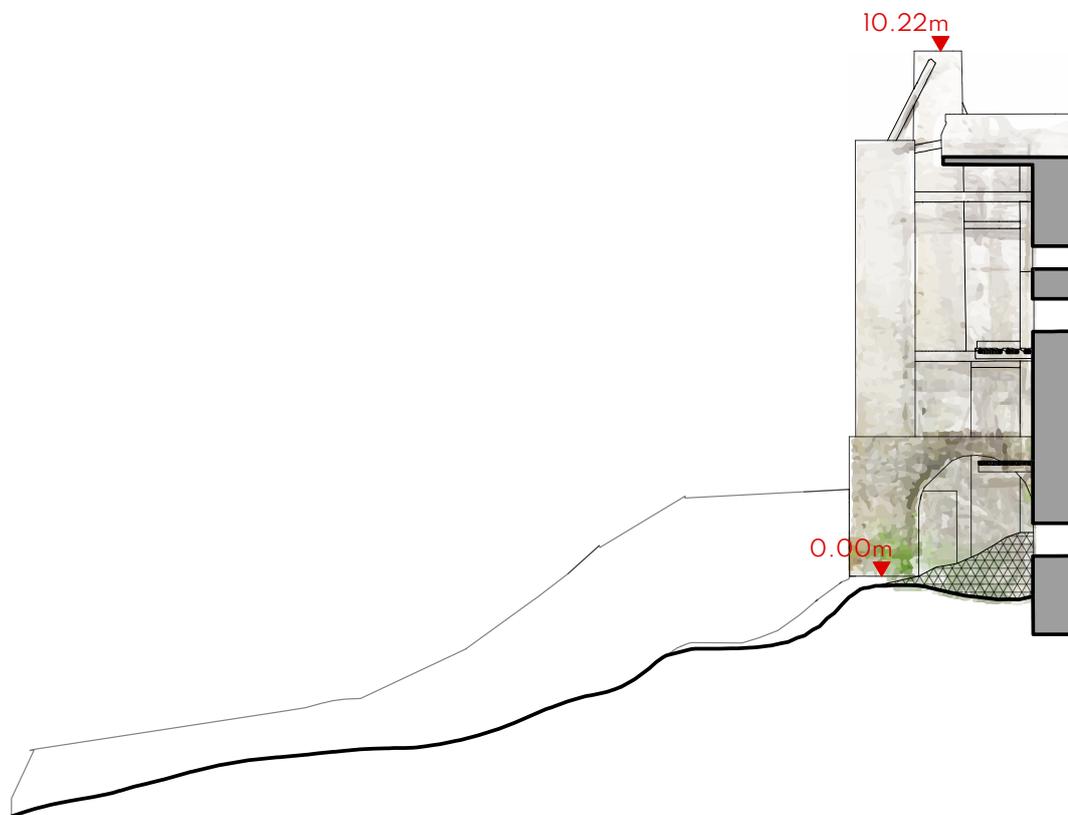


- Section elements
- Section views
- View front elements
- View back elements
- Sectioned ground
- ▨ Vegetation/Terrain growth
- ▩ Collapsing elements
- ▧ Collapsed elements
- Col



ELEVAZIONE 2-2' - 1:150
ELEVATION 2-2' - 1:150

Fig.3.103- South elevation for Casa Corte, Rastered in Autocad software, generated from 3D reshaper software.



SEZIONE B-B' - 1:150
SECTION B-B' - 1:150

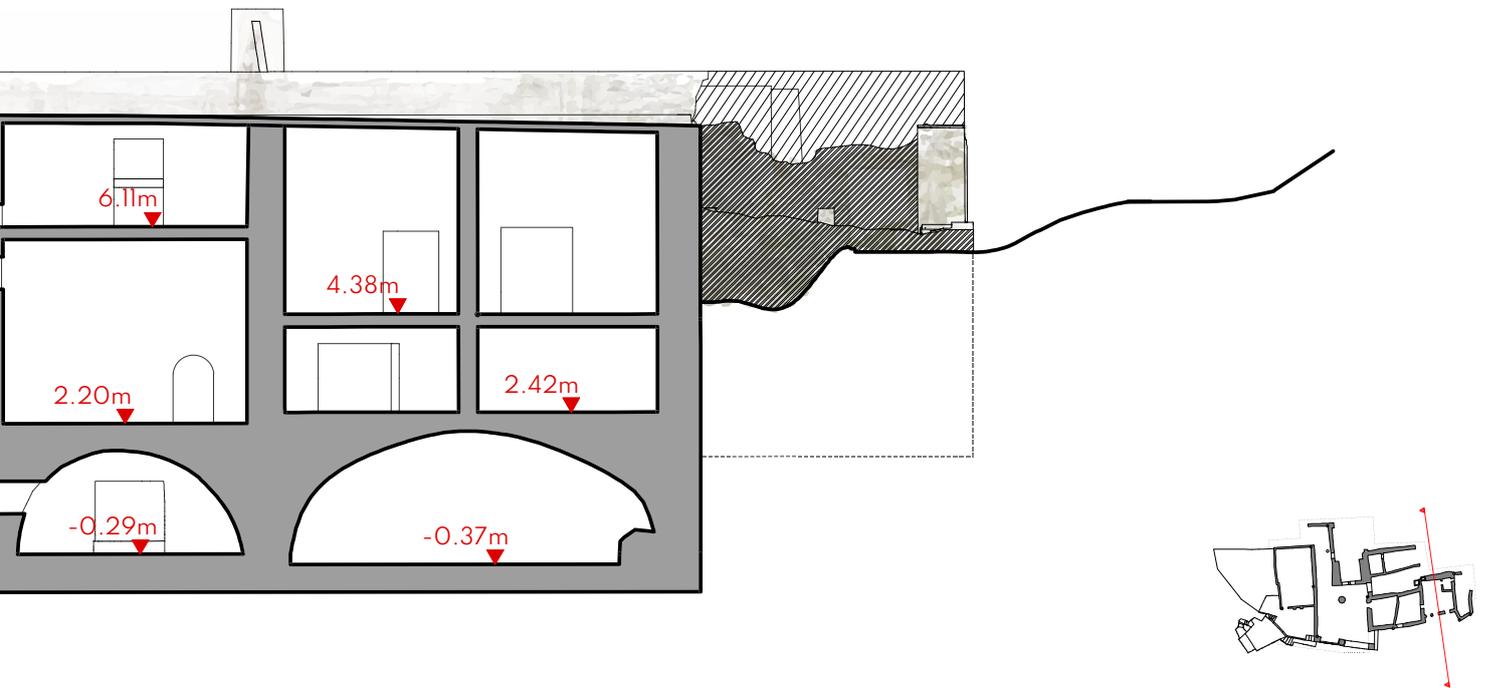
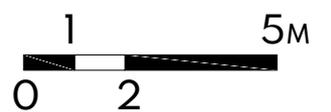


Fig.3.104- Section for Casa Corte, Rastered in Autocad software, generated from 3D reshaper software.



CHAPTER

4

Morphological and material analysis of the Casa-Corte

CAPITOLO

4

**Analisi morfologica e materica
della Casa-Corte**

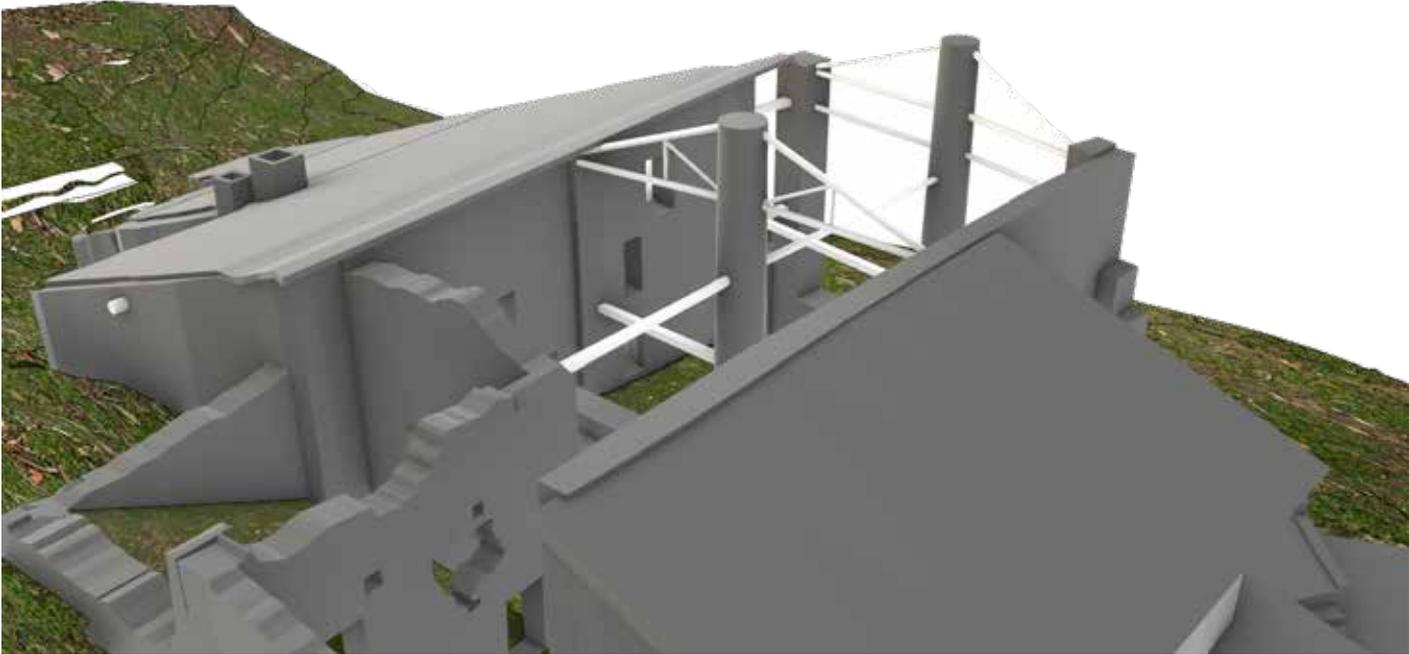
4.1 THE 3D STRUCTURED MODEL

The views shown below are the extracted views from the Rhino model generated using the Geomatics methods. As we can see, the model contains all the structural parts of Casa Corte in a precise manner which helps us to study the house in detail and provide our inputs in restoring and redeveloping the house to make it livable again.

4.1 IL MODELLO STRUTTURATO 3D

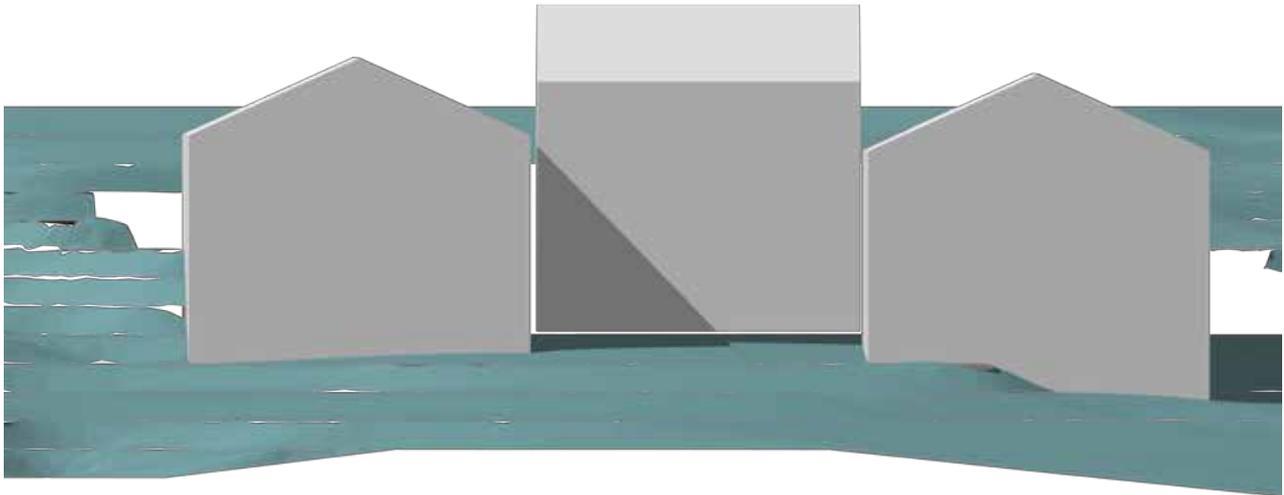
Le viste mostrate di seguito sono quelle estratte dal modello Rhino generato con i metodi della geomatica. Come possiamo vedere, il modello contiene tutte le parti strutturali di Casa Corte in modo preciso, il che ci aiuta a studiare la casa nel dettaglio e a fornire i nostri input per il restauro e la riqualificazione della casa per renderla nuovamente vivibile.





4.2 BASIC TRANSFORMATION OF CASA CORTE

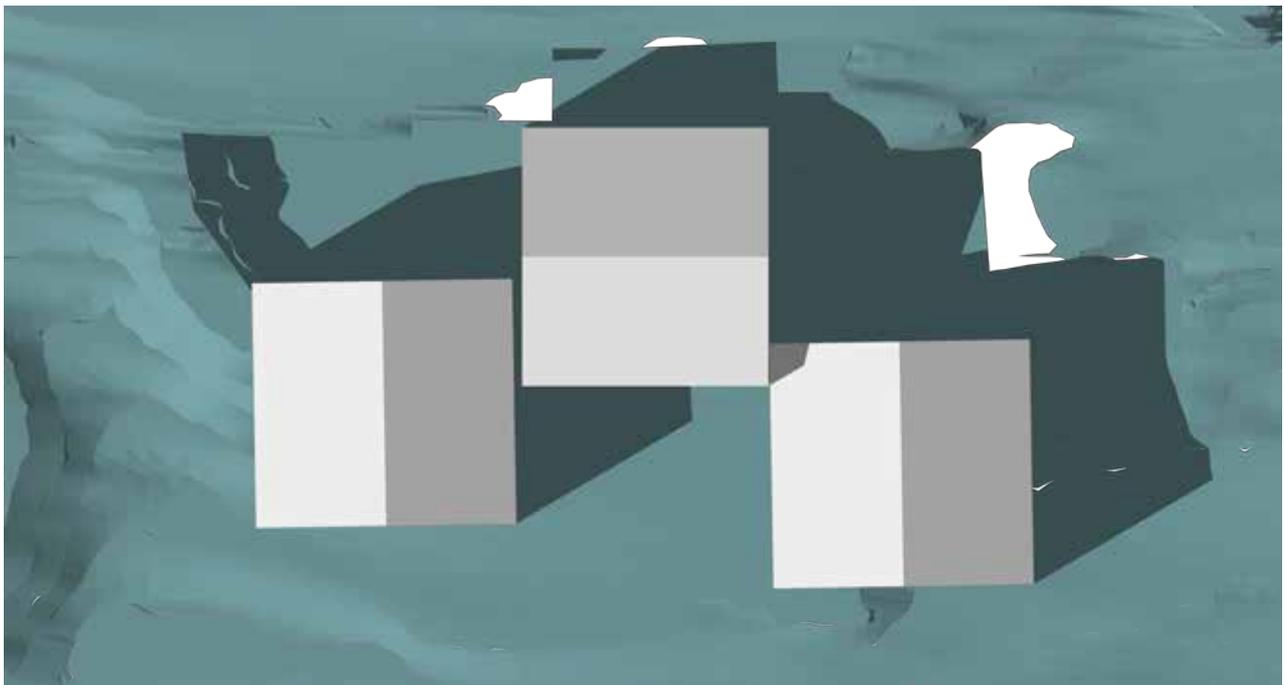
First Phase



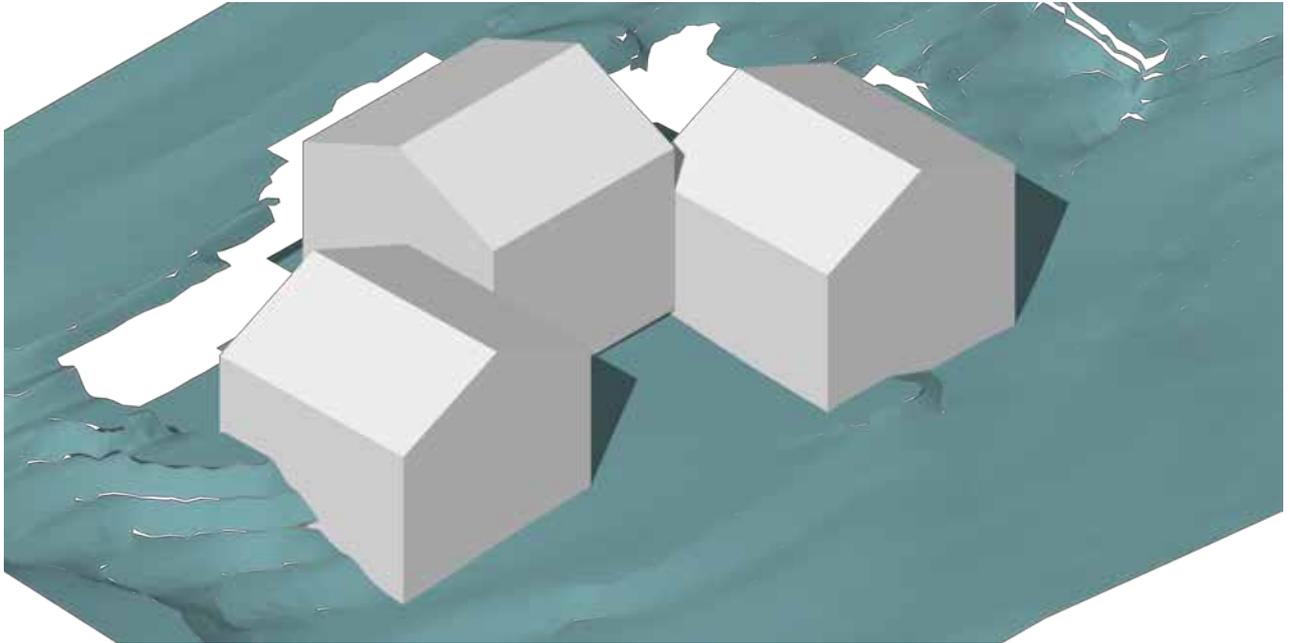
Elevation

4.2 TRASFORMAZIONE DI BASE DI CASA CORTE

Prima Fase



Plan



Axonometry

The initial phase of Casa Corte, an hypothesis can be made based on the analysis of the historical maps done before, this phase was composed of different nuclear architectural elements not attached with one common roof, but still functioning as one common house.

La fase iniziale di Casa Corte, si può ipotizzare sulla base dell'analisi delle mappe storiche fatte in precedenza, era composta da diversi elementi architettonici non collegati da un tetto comune, ma comunque funzionanti come una borgata.

Second Phase

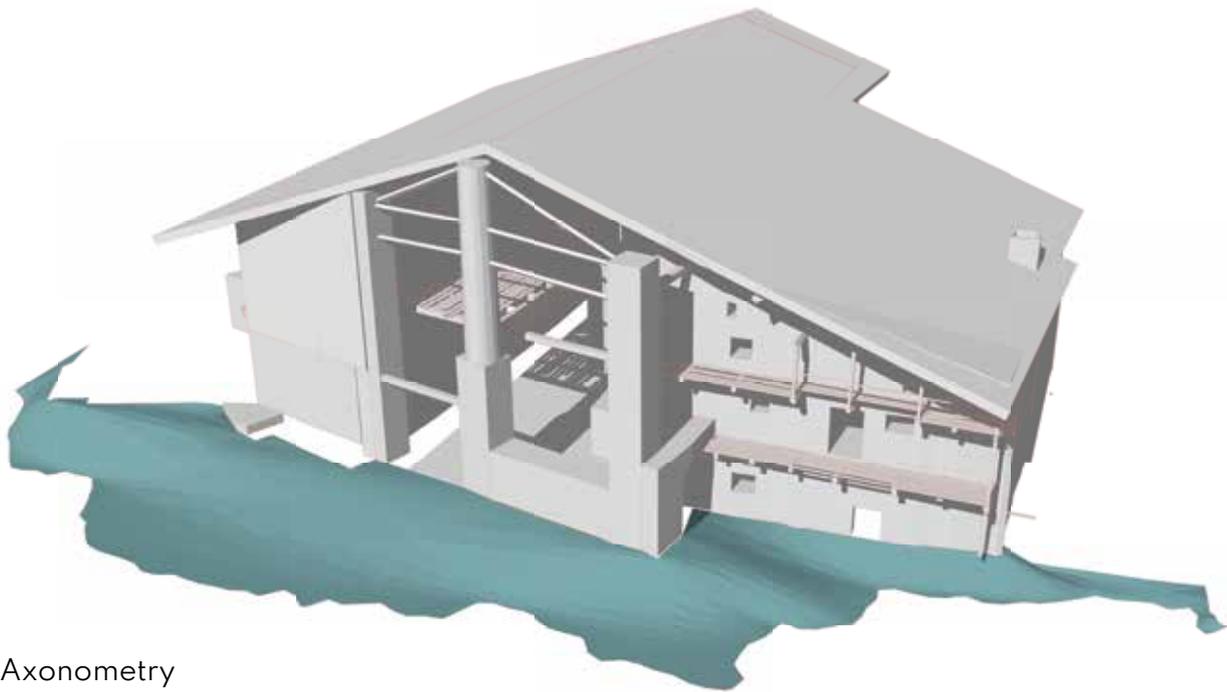
Seconda Fase



Elevation



Plan



Axonometry

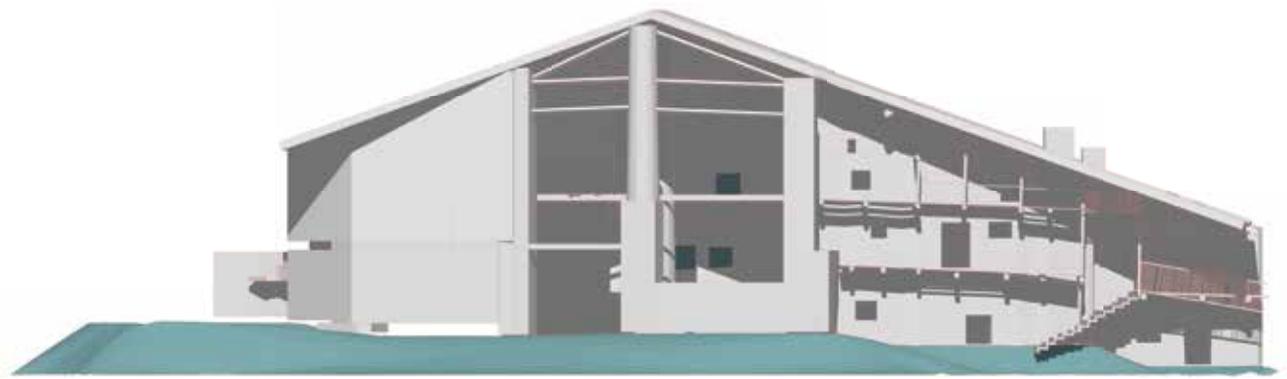


The second phase of Casa Corte, where the whole house is built under the double-pitched roof held by two round columns in the center, creating a morphological image of “two full and one empty”. It is hypothetically identified as the initial phase due to the type of stone used, which we recognized during the survey of the site.

Nella fase iniziale di Casa Corte, tutta la struttura è coperta dallo stesso tetto a due falde sostenuto, al centro dell’edificio, da due colonne rotonde, creando un’immagine morfologica di “due pieni e un vuoto”. È ipoteticamente identificata come prima fase in base al tipo di pietra usata che abbiamo riconosciuto durante il sopralluogo.

Third Phase

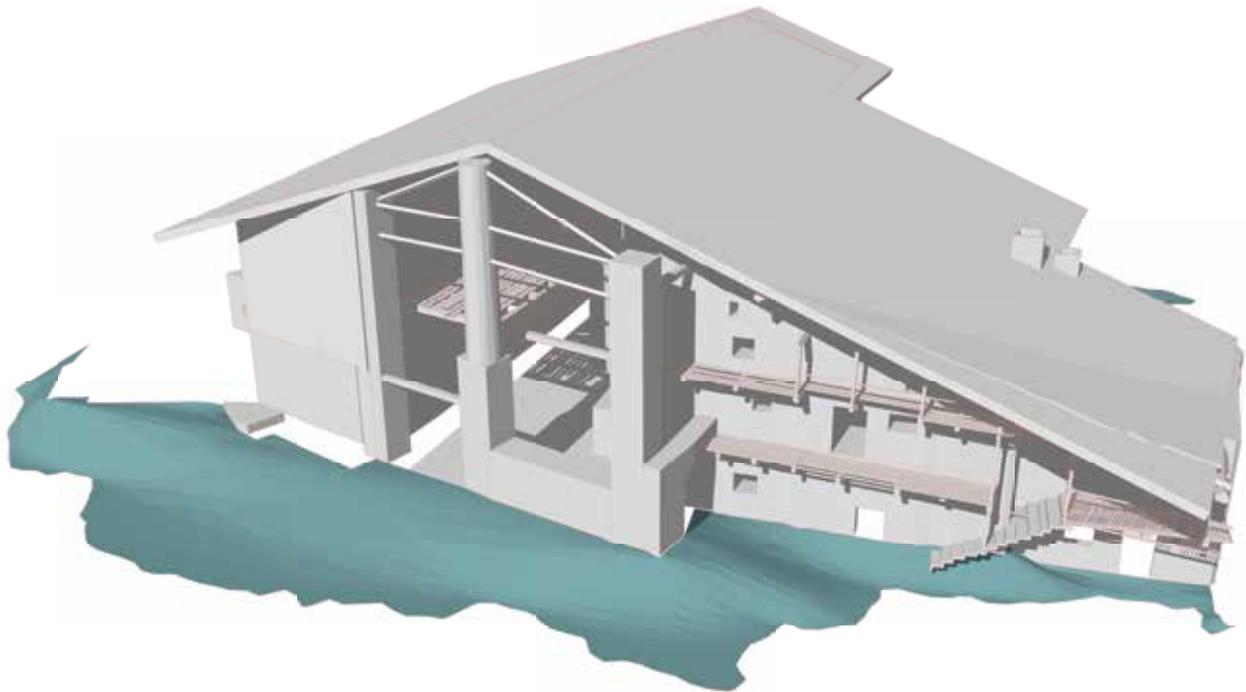
Terza Fase



Elevation



Plan



Axonometry

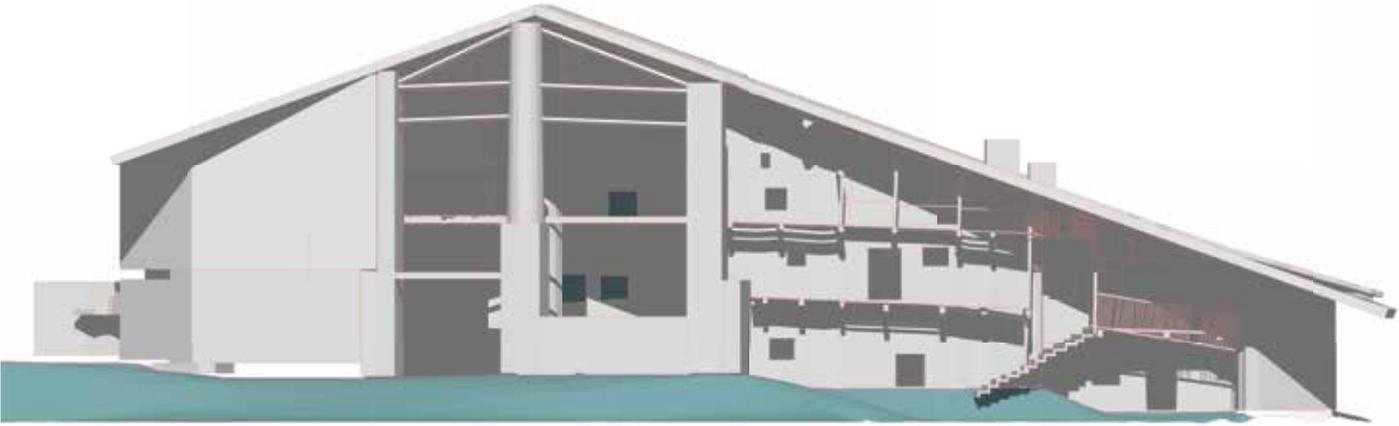


In the third phase we can identify a difference in the type of stone used between the wall in the left and the one in the right. This makes us understand that it was a volume in addition to the original body, also because it is pushed back by a couple of centimeters. This was most probably due to the expansion of the family.

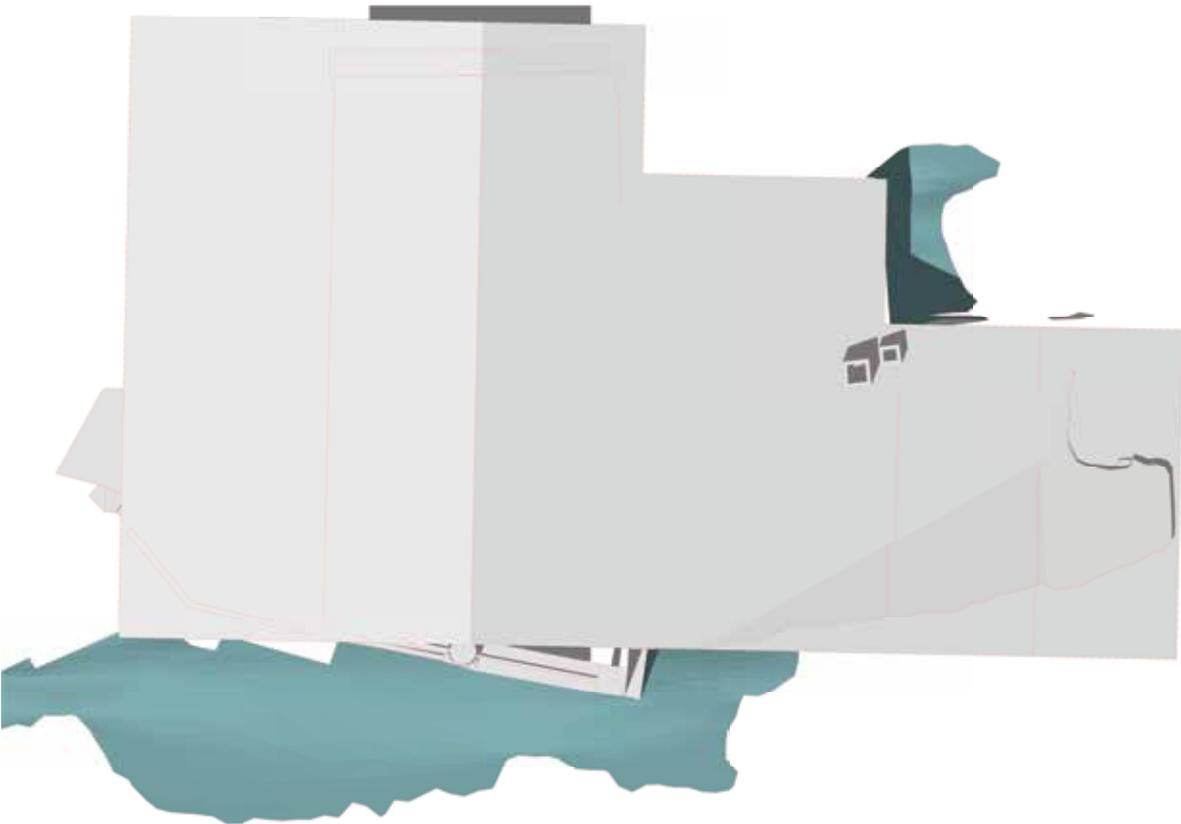
Nella terza fase possiamo identificare una differenza nel tipo di pietra utilizzata tra il muro a sinistra e quello di destra. Da ciò intuiamo che è stato un volume aggiunto successivamente al corpo originale, inoltre, a conferma di questa ipotesi, notiamo che il muro del volume aggiunto è leggermente spinto indietro. Questo, probabilmente, è stato il risultato di una espansione familiare.

Fourth Phase

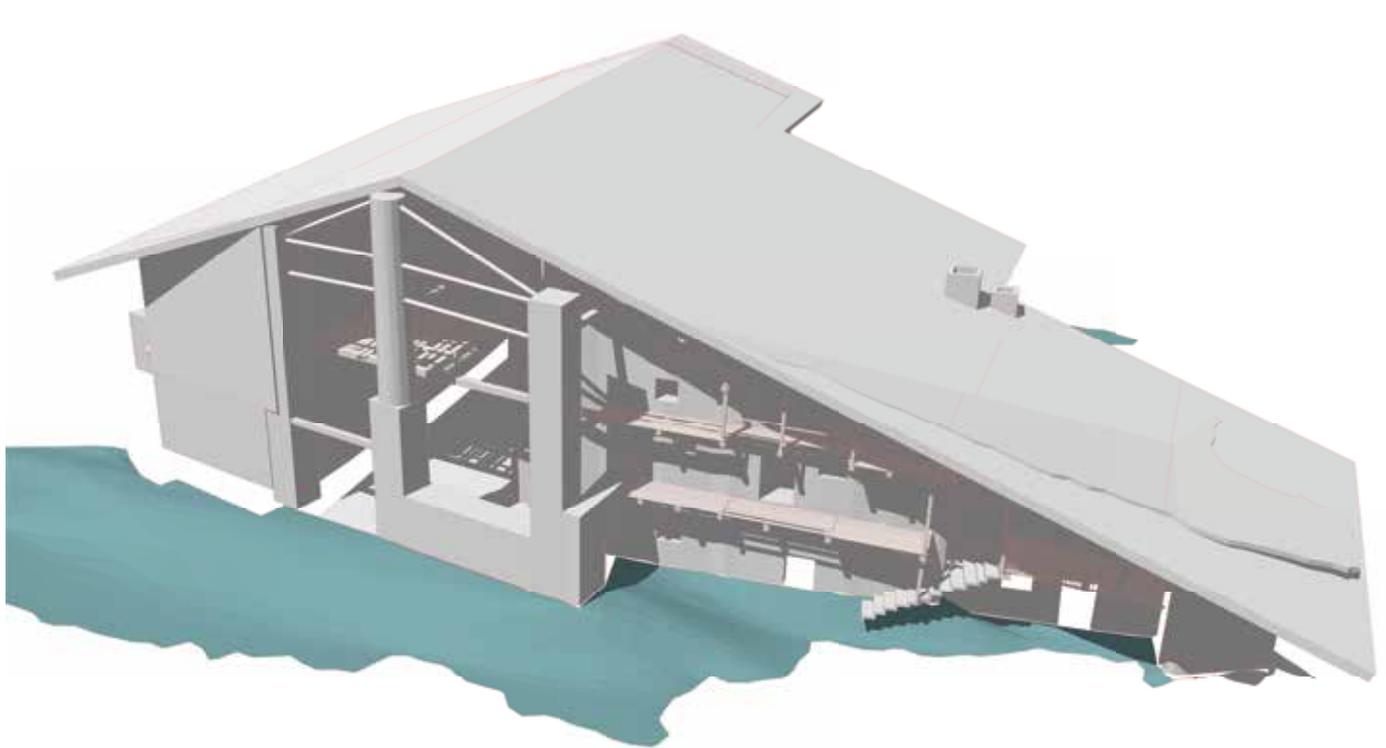
Quarta Fase



Elevation



Plan



Axonometry

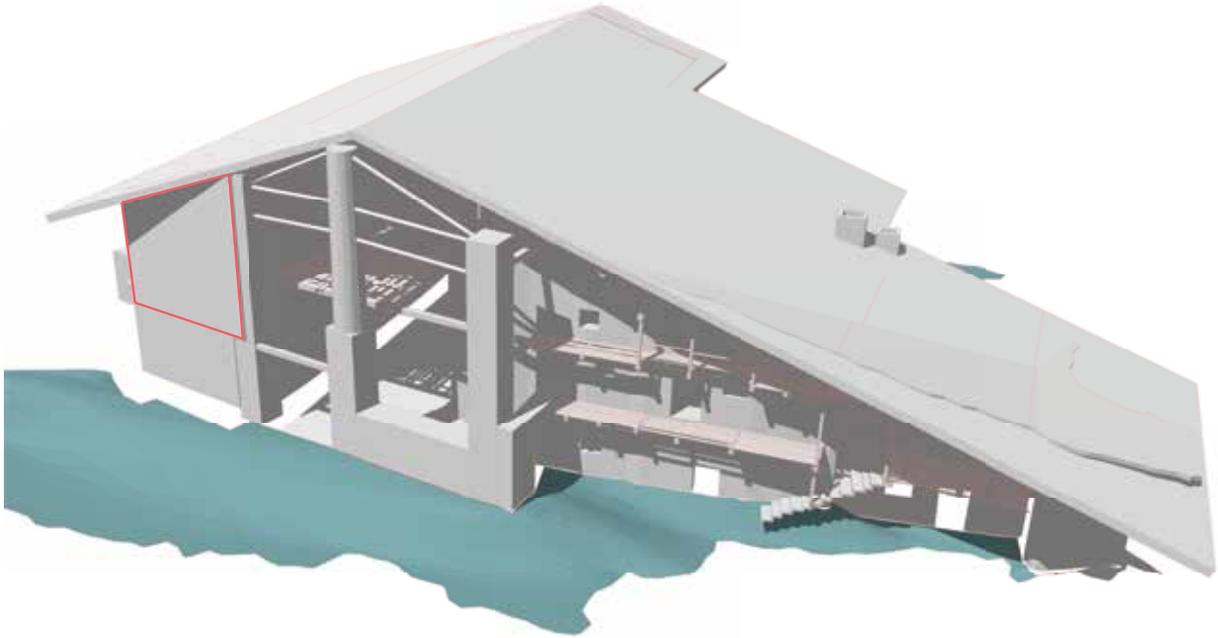


The fourth phase is once again determined by the type of stone used. The principal clue to identify another expansion/addition to the original volume of the house. Nevertheless, the orientation of this new volume added is completely different to the original orientation of Casa Corte, as we can see in the figure.

Nella quarta fase, di nuovo, è il tipo di pietra utilizzata la traccia principale per identificare una una nuova espansione/aggiunta alla casa. Tuttavia, l'orientamento di questo nuovo volume è completamente diverso da quello originale di Casa Corte, come si puo evidenziare nella figura.

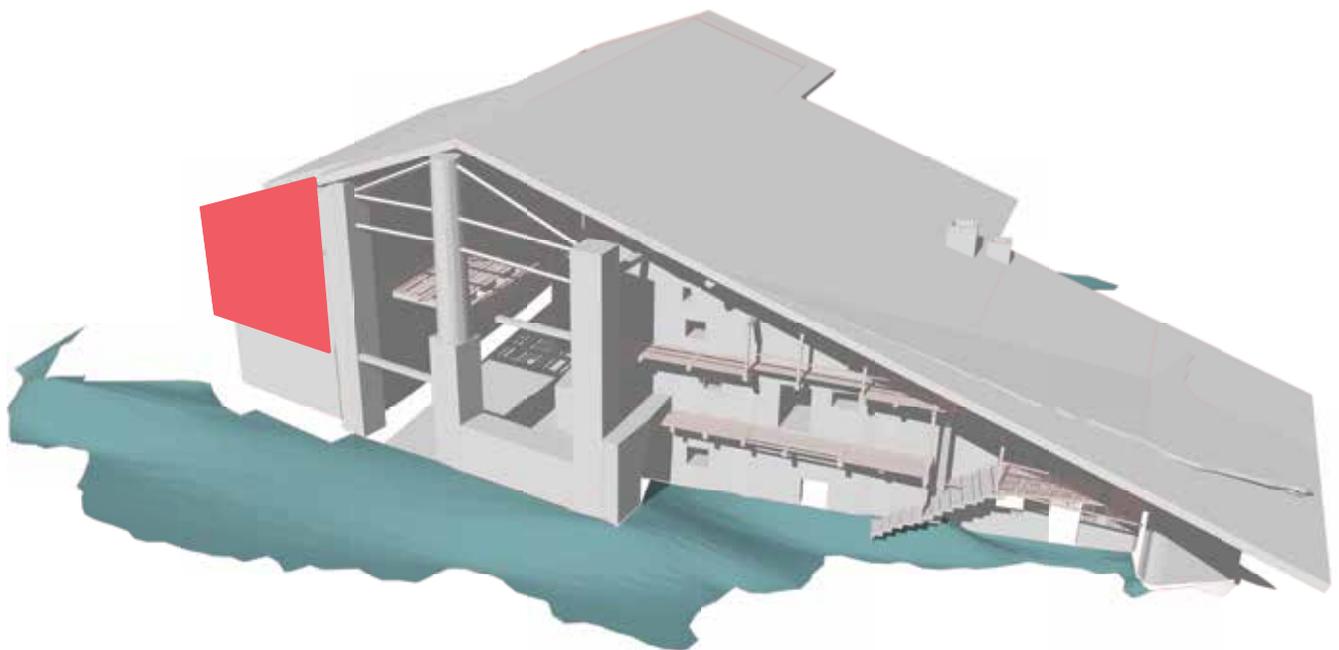
4.3 LEVEL OF DEGRADATION

4.3 LIVELLI DI DEGRADO



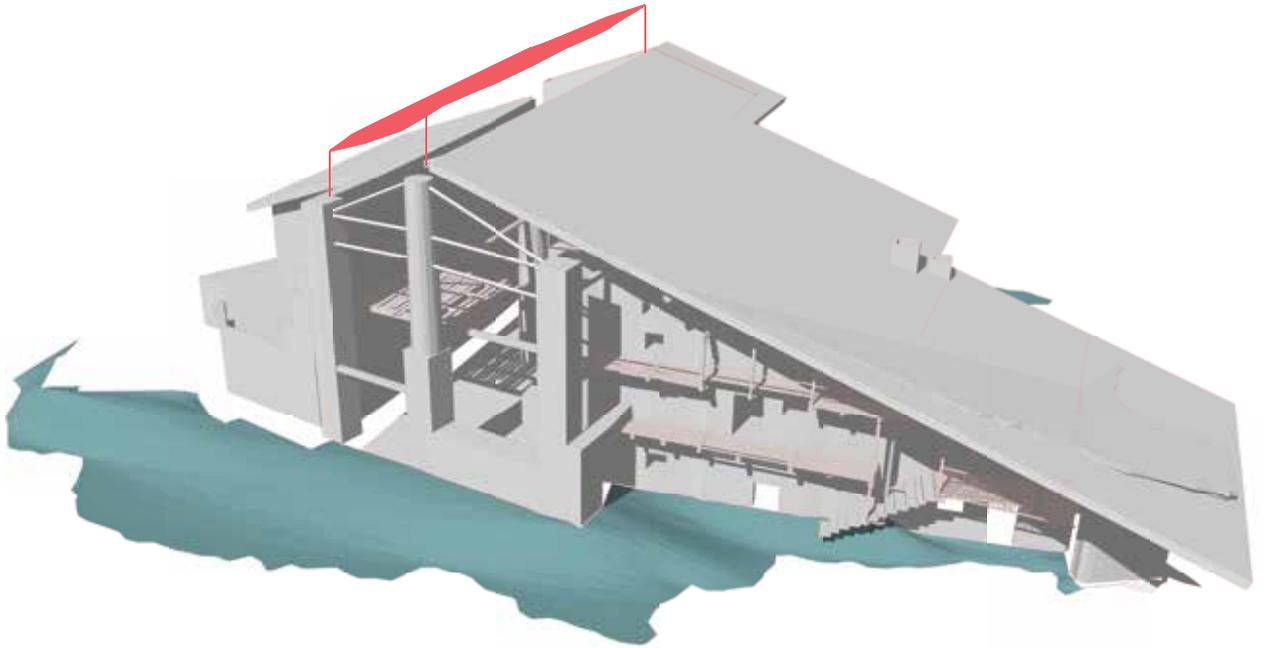
Hypothetical final state of Casa Corte before the degradation and modifications started

Ipotetico stato di fatto finale di Casa Corte prima del deterioramento



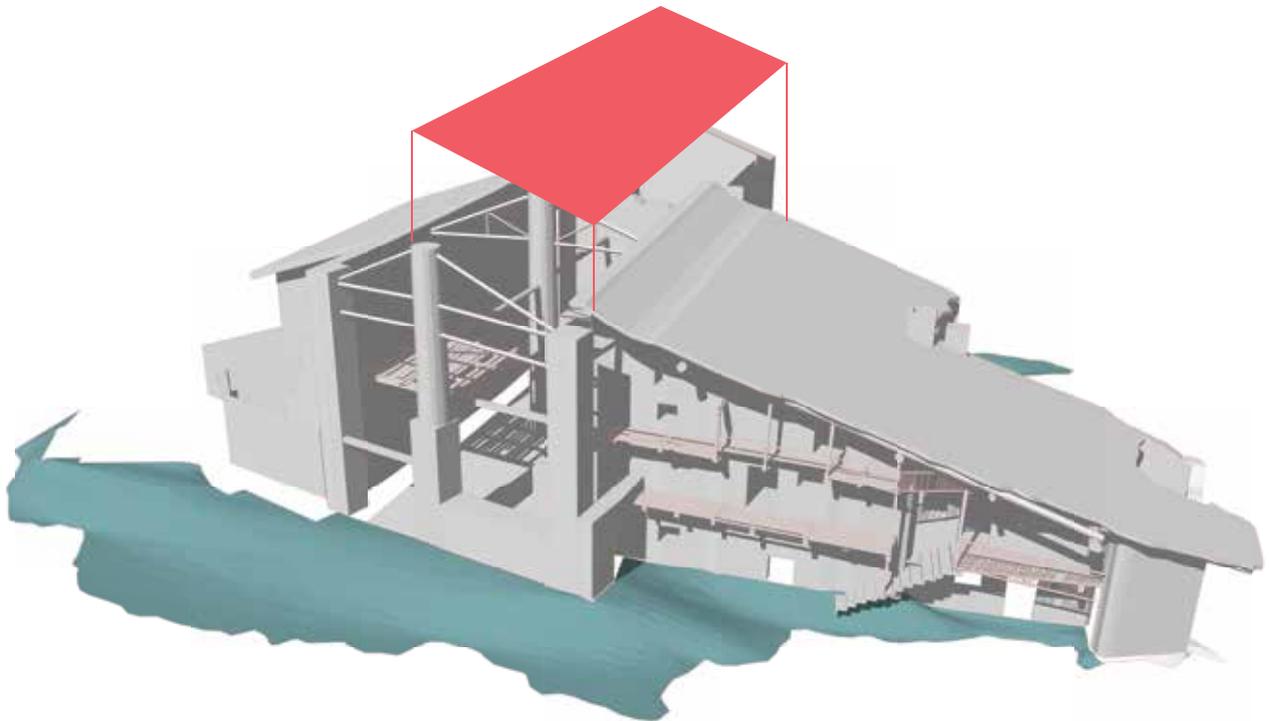
Walls collapsing and modification of the original image of Casa Corte

Crollo dei muri e modifica dell'immagine originale di Casa Corte



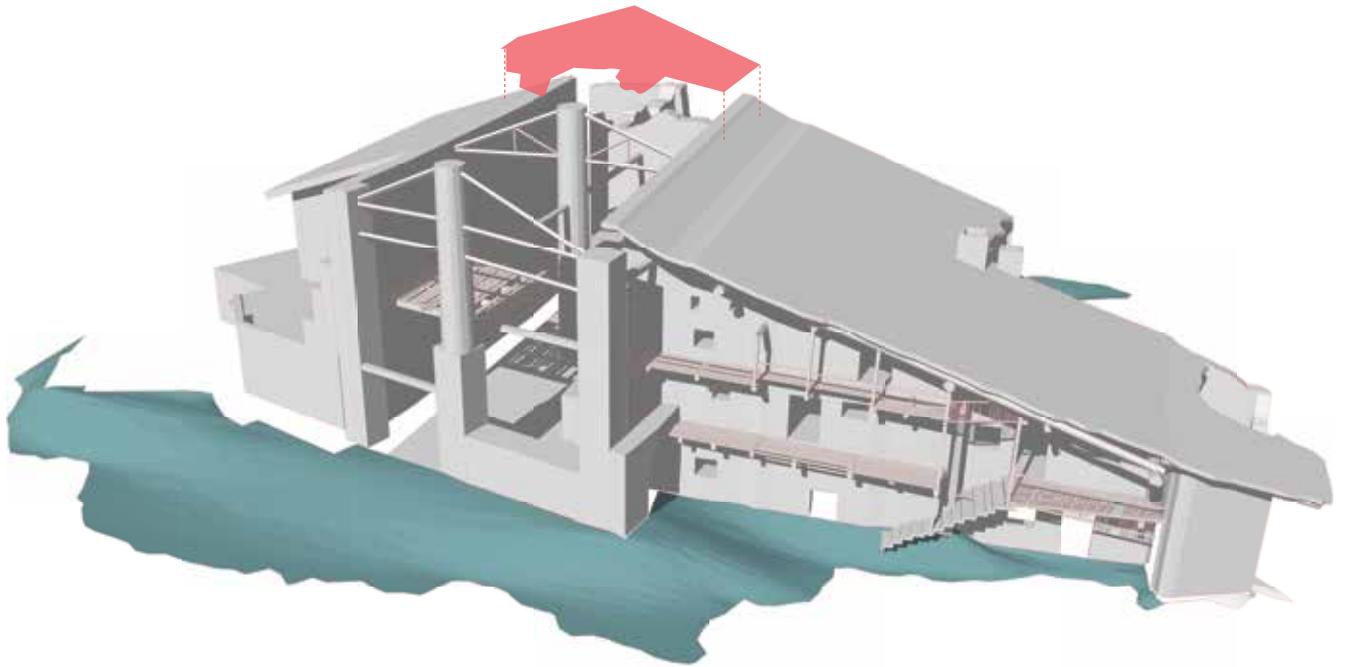
Roof starting to collapse in partial portions of the house

Crollo parziale del tetto del fabbricato



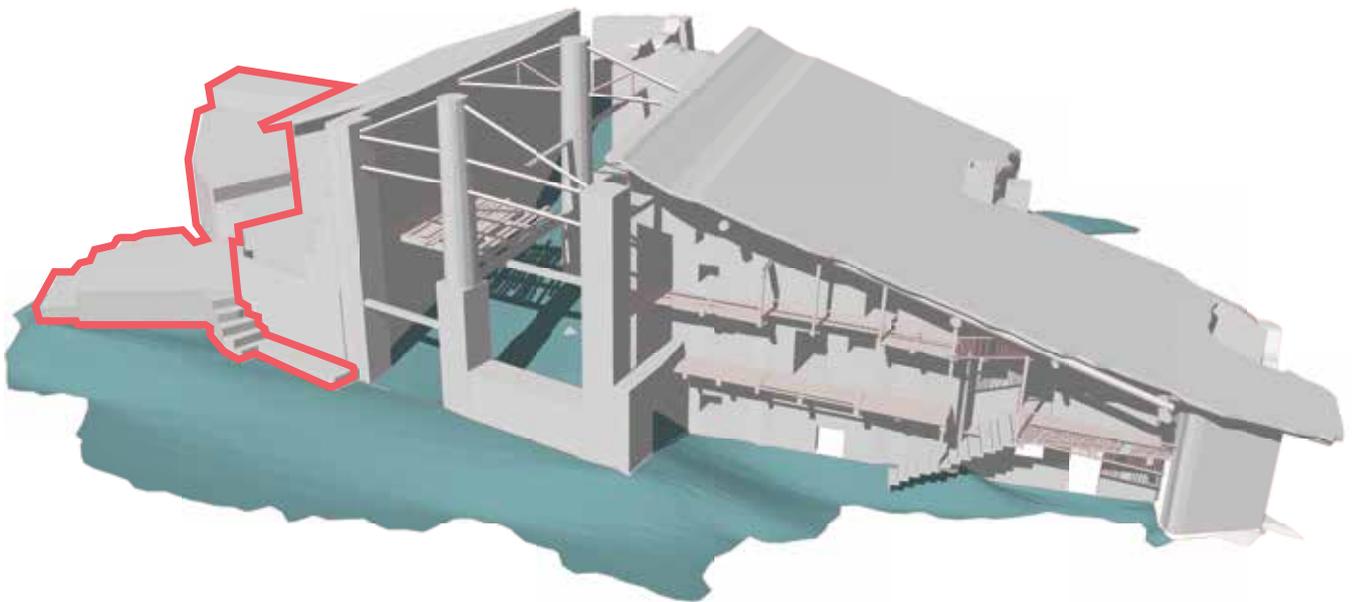
Complete collapsing of the roof in the central main volume of Casa Corte

Crollo totale del tetto in corrispondenza del corpo centrale di Casa Corte



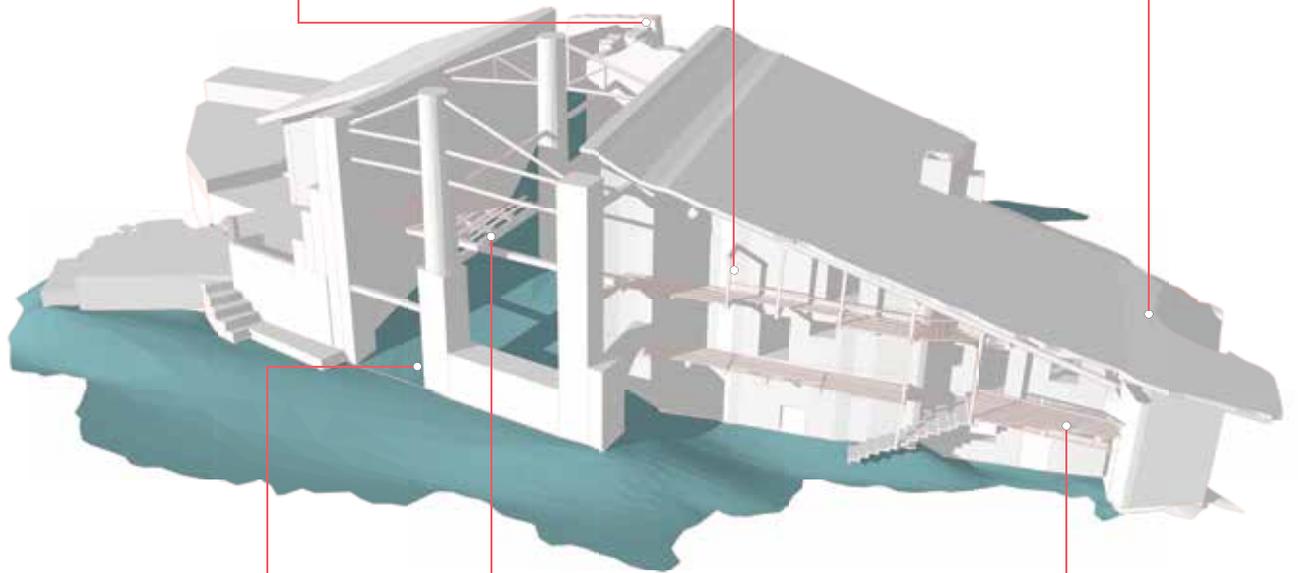
Collapsing of the rest of the walls with less structural reinforcement

Crollo del resto dei muro con minore rinforzo strutturale



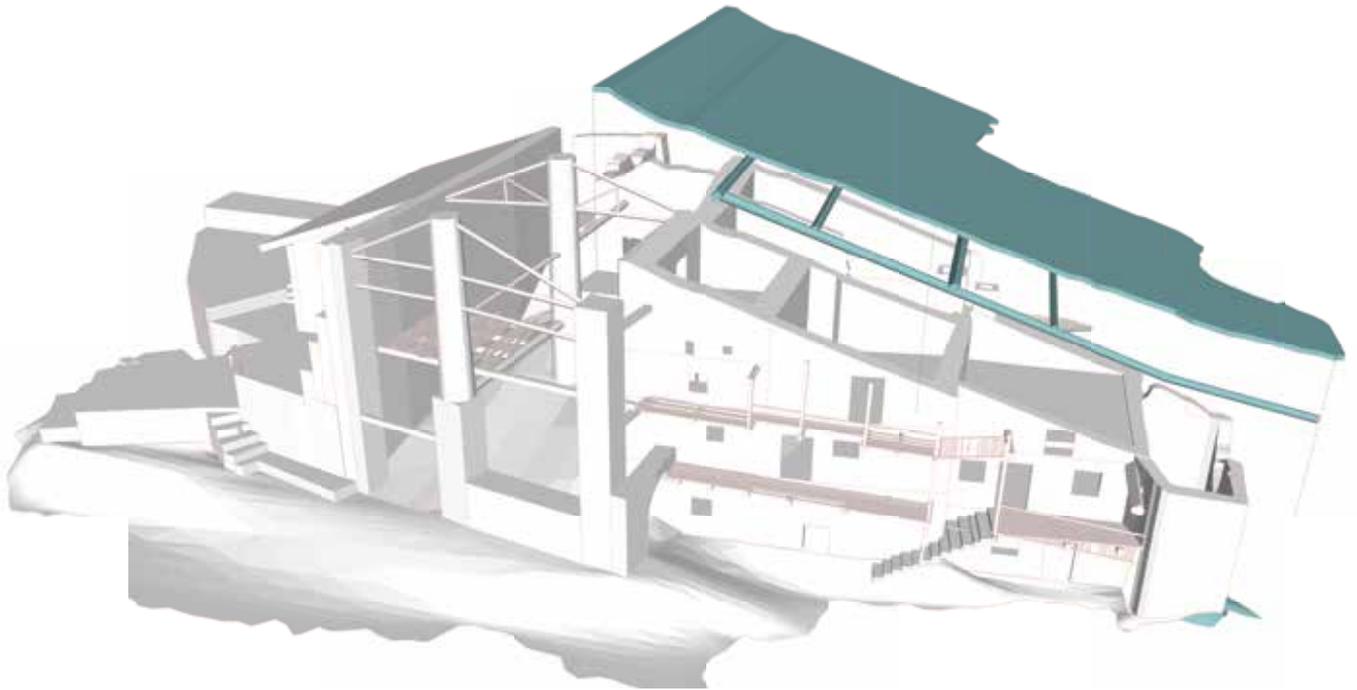
Adding of invasive elements that destroy the language of the facade and the original image of the house.

Aggiunta di elementi invasivi che distruggono il linguaggio della facciata e alterano l'immagine originale della casa.



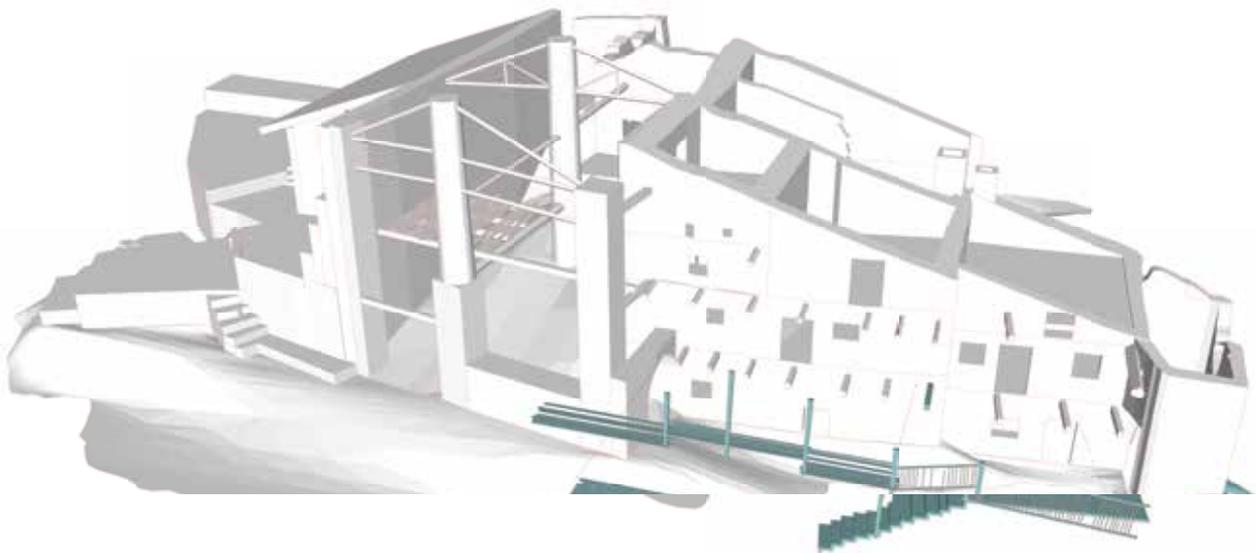
4.4 LIST OF INTERVENTIONS

4.4 ELENCO INTERVENTI



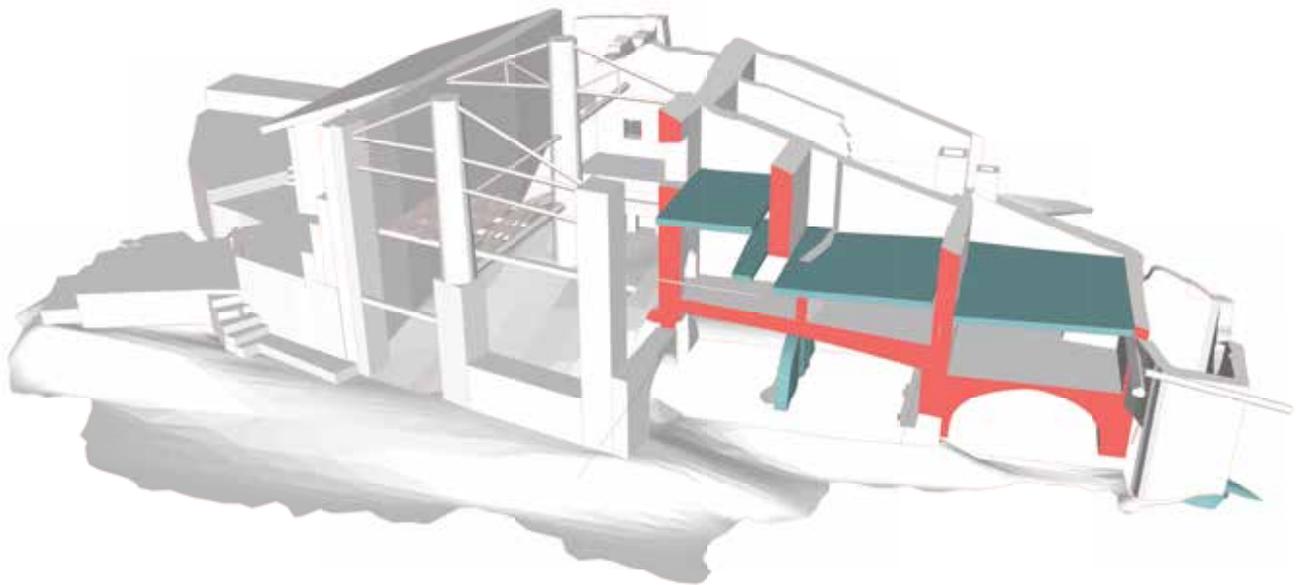
Replacement of the roof and its structure according to the new needs

Sostituzione del tetto e della struttura in base alle nuove esigenze



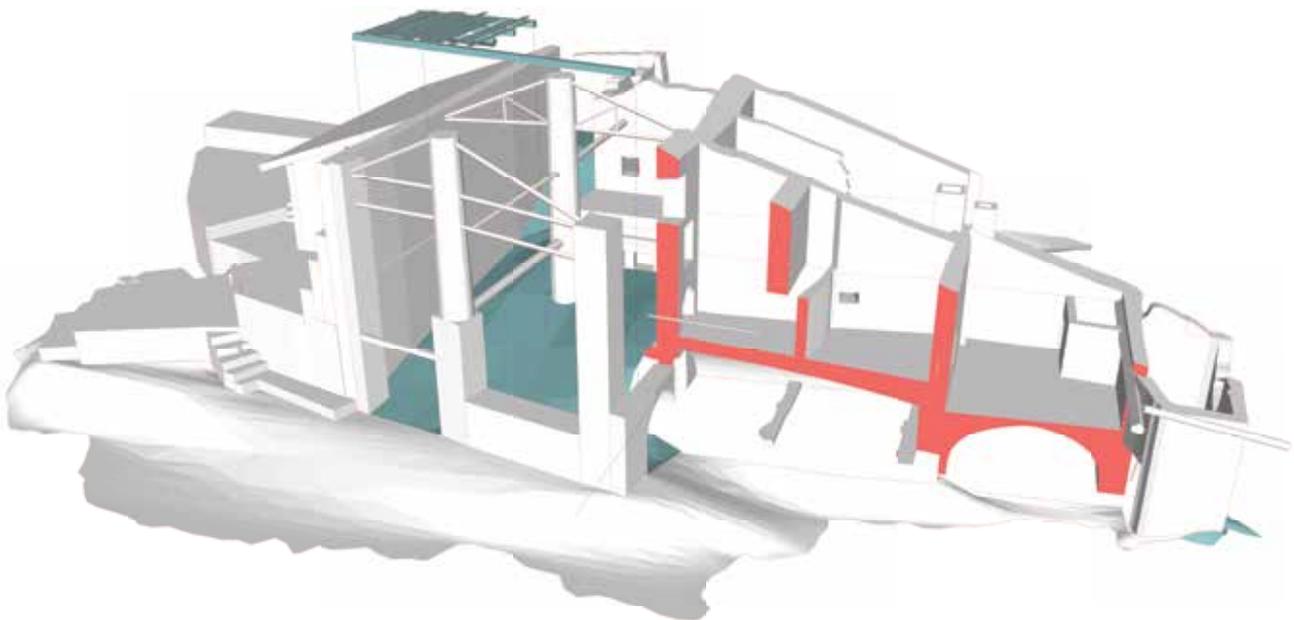
Replacement of the horizontal components like balconies and elimination of the staircase added in the facade during the changing phases of Casa Corte

Sostituzione delle componenti orizzontali come i balconi e l'eliminazione del corpo scale aggiunto alla facciata durante le fasi evolutive di Casa Corte.



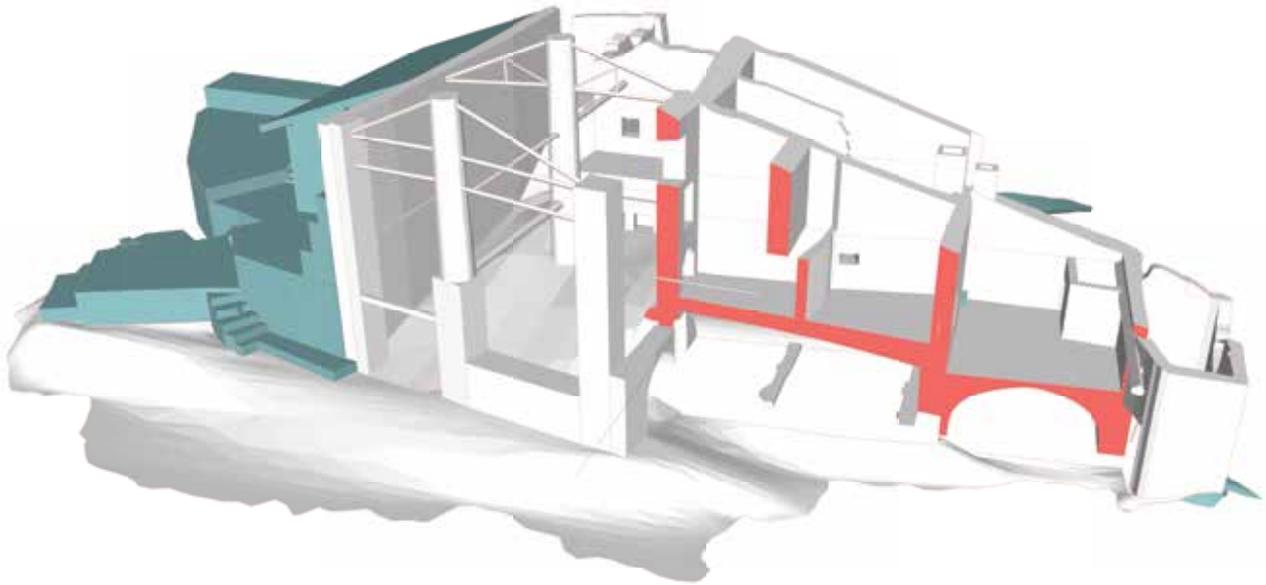
Elimination of the slabs due to its degradation but also to obtain more height.

Eliminazione dei solai a causa del loro stato di degrado, ottenendo degli spazi interni più alti.



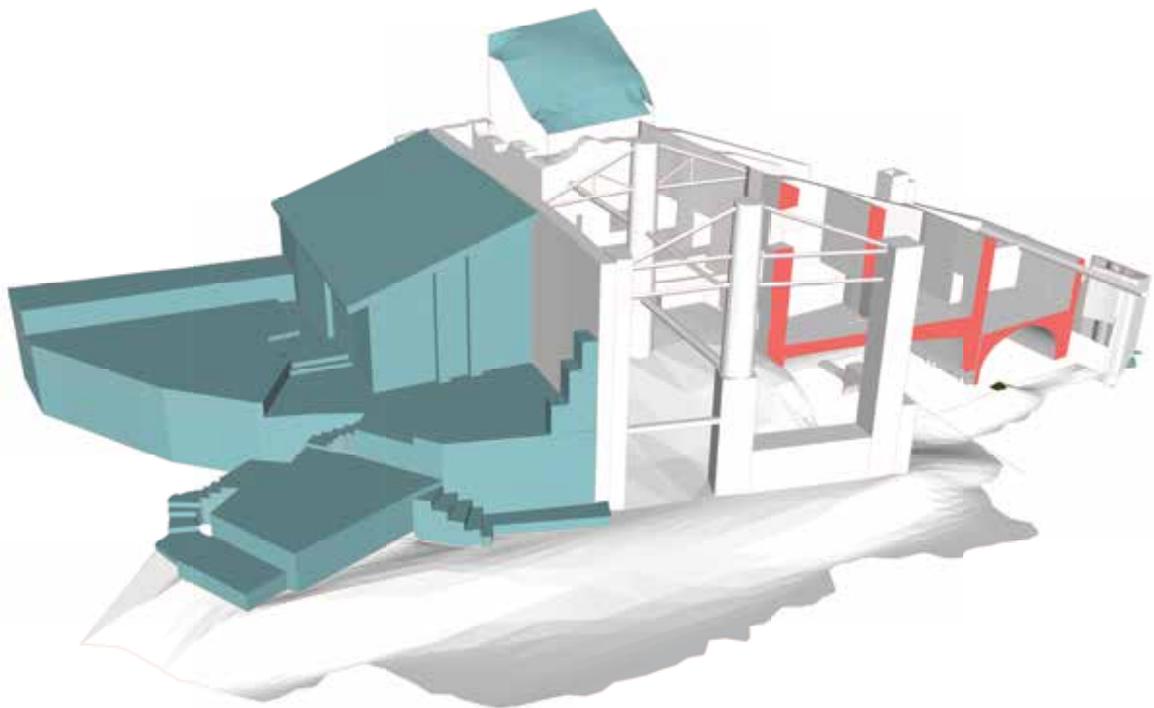
Modification of the central space of Casa Corte by digging the terrain and cleaning the area.

Modifica del corpo centrale di Casa Corte attraverso lo scavo del terreno e la "pulizia" della zona.



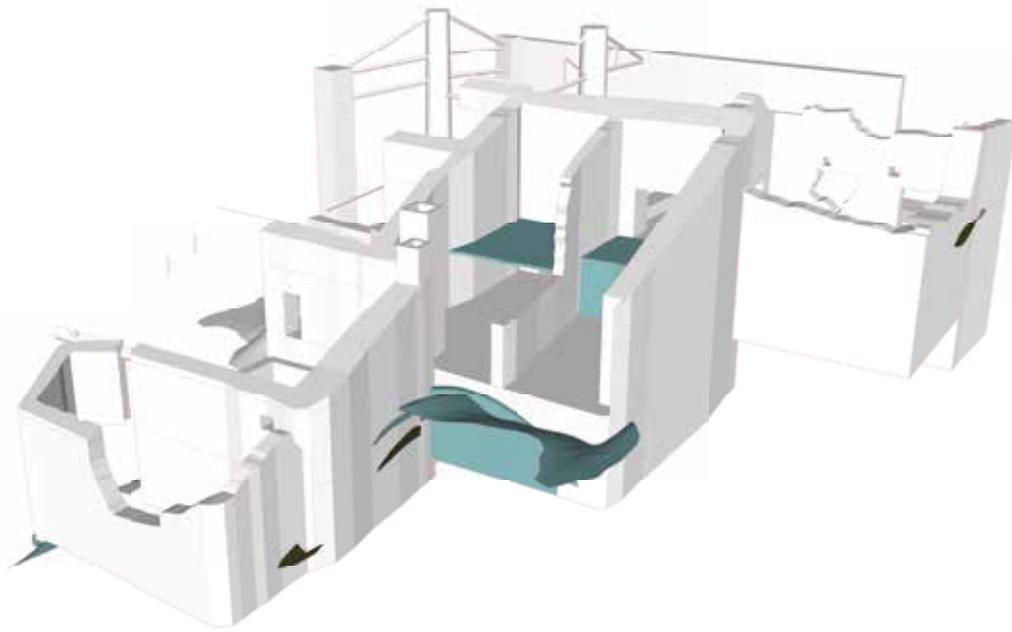
Elimination of the invasive elements added in the last phase of Casa Corte since doesn't belong to the original project.

Eliminazione degli elementi invasivi aggiunti nell'ultima fase di Casa Corte in quanto non appartenenti al progetto originale.



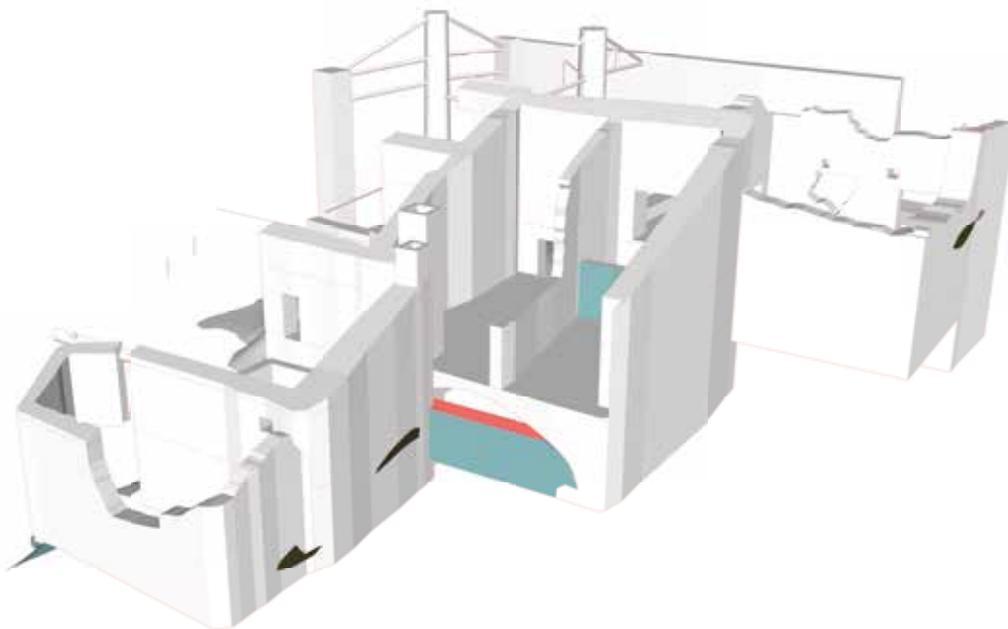
Modification of the terrain to obtain more area and re-use of the existing building for the project developing.

Modifica del terreno per ottenere una superficie maggiore e riutilizzo dell'edificio esistente per lo sviluppo del progetto.



Removing and replacement of the slabs in the back part of Casa Corte.

Rimozione e sostituzione dei solai nella parte posteriore di Casa Corte.



Project state before the intervention.

Sato di progetto prima del'intervento.

CHAPTER

5

Analysis of the territory of Canosio

CAPITOLO

5

Analisi del territorio di Canosio

5.1 LANDSCAPE ANALYSIS IN THE TERRITORY OF CANOSIO

Morphological Map

The municipality of Canosio, located at the southern end of the Maira Valley, borders the municipalities of Acceglio, Prazzo and Marmora. Its territory, covers an area of about 48 km² between 1300 and 3000 m a.s.l., consisting of considerable steep mountain slopes and boasting numerous peaks and hills that define the strong value of the mountain character landscape. It partially shares, with the neighbouring municipality Marmora, the river of the same name and is instead crossed almost its entire length by the Preit River. We note a scarce presence of infrastructural systems, caused historically, by a relevant phenomenon of isolation, which has safeguarded the integrity of the landscape and preserved traces of ancient anthropization (conversion of open spaces by human actions), mostly unaltered and still clearly legible today.

We note that although most of the settlements are located at relatively low altitudes (between 1,300 and 1,600 m a.s.l.) there are a few isolated cases at higher altitudes.

MONTI, PASSI E VALICHI

- ▲ monte, massiccio, murgia e vulcano, contrafforte
- ⤵ passo, sella, valico

CRINALI MONTANI

- Montani principali
- Montani secondari

ALTIMETRIA VALLI

- <= 480 m
- 480 - 760 m
- 760 - 1040 m
- 1040 - 1320 m
- 1320 - 1600 m
- 1600 - 1880 m
- 1880 - 2160 m
- 2160 - 2440 m
- 2440 - 2720 m
- > 2720 m

5.1 ANALISI DEL PAESAGGIO NEL TERRITORIO DI CANOSIO

Carta morfologica

Il comune di Canosio, situato all'estremo sud della Val Maira, confina con i comuni di Acceglio, Prazzo e Marmora. Il suo territorio, si estende su una superficie di circa 48 km² compresa tra i 1300 e 3000 m s.l.m., costituito da notevoli versanti montani scoscesi e vantando numerose vette e colli che definiscono la forte valenza del paesaggio di carattere montano. Condivide parzialmente, con il confinante comune Marmora, l'omonimo fiume ed è invece attraversato quasi per la sua intera lunghezza dal fiume Preit. Si rileva una scarsa presenza di sistemi infrastrutturali, causata storicamente, da un rilevante fenomeno di isolamento, che ha salvaguardato l'integrità del paesaggio e conservato traccia delle antiche antropizzazioni, per lo più inalterate e ancora oggi chiaramente leggibili.

Notiamo che nonostante la maggior parte degli insediamenti si stanzi a quote relativamente basse (tra i 1300 e 1600 m s.l.m.) si rilevano alcuni casi isolati a quote più elevate.

RETE IDROGRAFICA

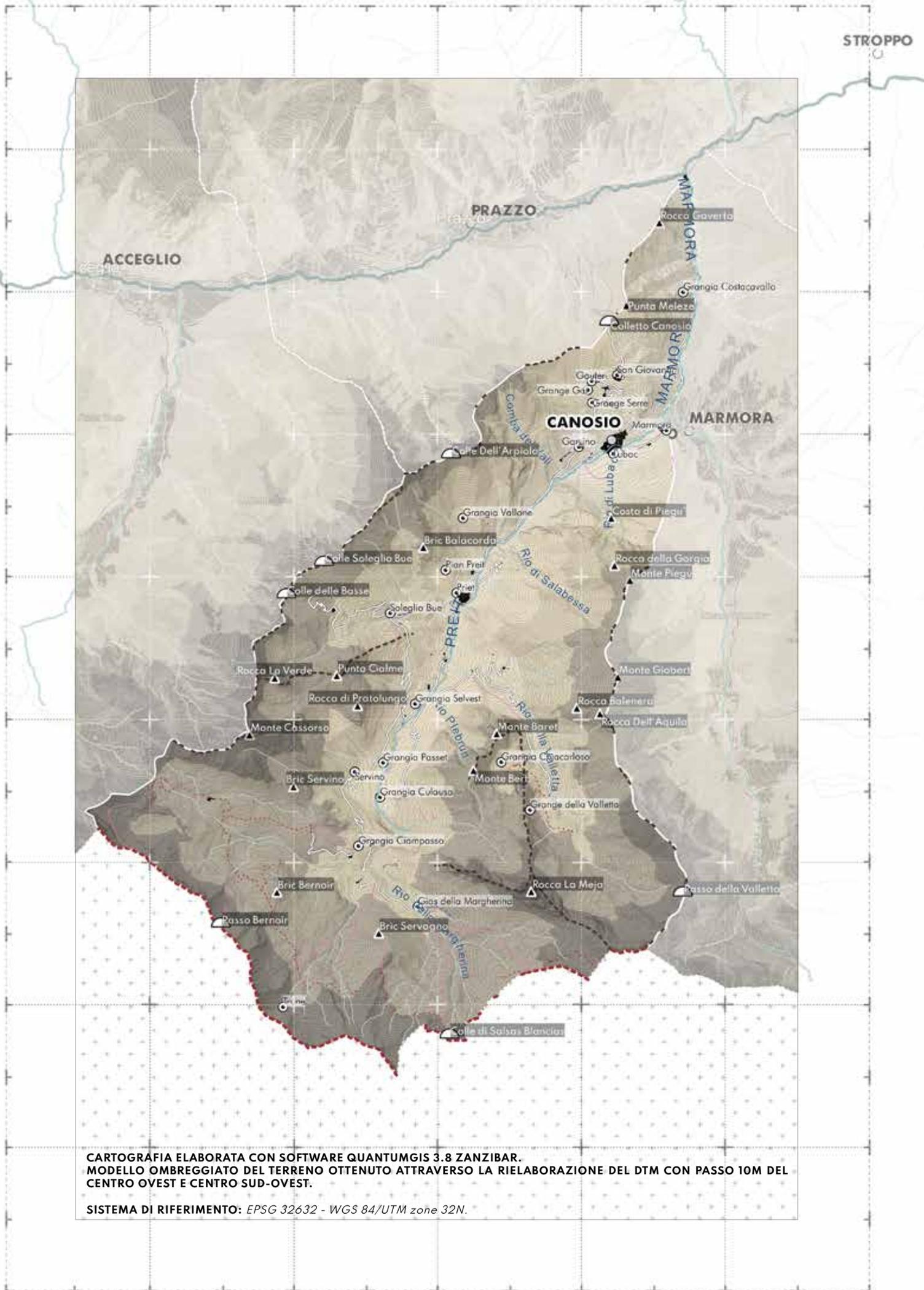
- Corso Secondario
- Corso Minore
- Affluenti

INFRASTRUTTURE

- Edificato
- strada extraurbana secondaria (C)
- strada urbana di quartiere (E)
- strada locale (F)
- strada pedonale-strada locale (F)
- strada non classificata

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp
file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp
file laghi, shp file isolinee, shp file vette.
PPR Piano Paesaggistico regionale - shp file
crinali montani.

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.



CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
 MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL
 CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

Slope Map

Through an analysis tool of QGIS software, based on 'digital terrain model (DTM) processing, the slopes of mountain slopes, i.e., the actual inclinations of the topographical surface of the terrain, were detected.

It is found the presence, in some areas bordering the banks of the Preit River, of slopes with a high slope, exceeding 60°. This suggests the high probability of landslides and landslides occurring, compromising the stability of the terrain, causing the interruption of the river stretch and putting the settlements close to these areas at serious risk.

The man-made space is basically allocated on homogeneous slopes, characterized by medium to low slopes.

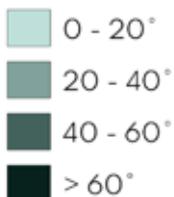
Carta delle pendenze

Attraverso uno strumento di analisi del software QGIS, basato sull'elaborazione del modello digitale del terreno (DTM), sono state rilevate le pendenze dei versanti montani, ovvero le inclinazioni reali della superficie topografica del terreno.

Si riscontra la presenza, in alcune aree che costeggiano le sponde del fiume Preit, di versanti ad'elevata pendenza, che supera i 60°. Ciò suggerisce l'elevata probabilità che si verifichino frane e dissesti, compromettendo la stabilità del terreno, causando l'interruzione del tratto fluviale e mettendo a serio rischio gli insediamenti prossimi a queste aree.

Lo spazio antropizzato si stanZIA fondamentalmente su versanti omogenei, caratterizzati da medie-basse pendenze.

PENDENZE



CRINALI MONTANI



RETE IDROGRAFICA



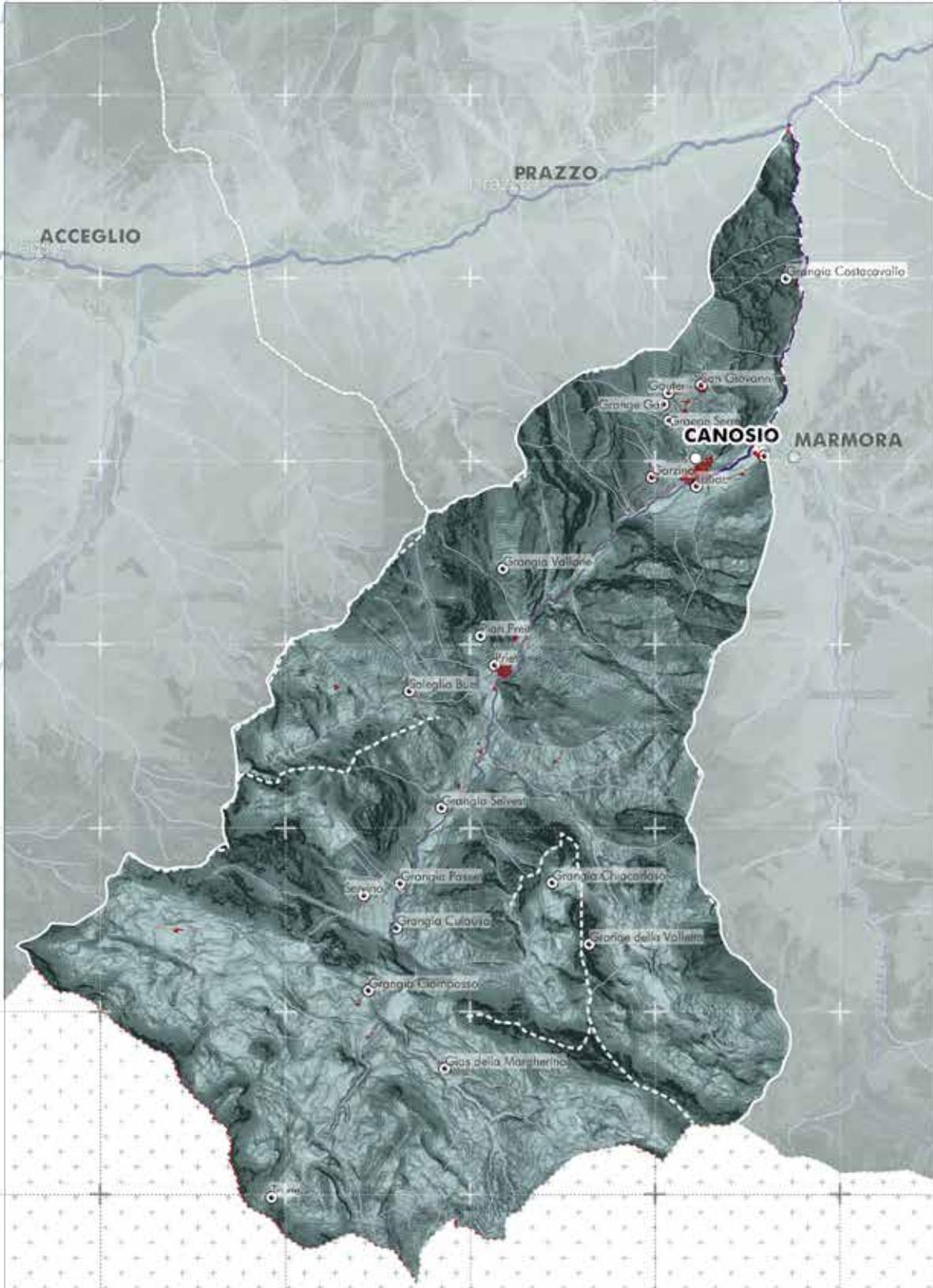
INFRASTRUTTURE



DATI INSERITI: *BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp
file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp
file laghi, shp file isolinee.*

FORMATO FILE INSERITI: *SHP, Raster.*

STROPPO



CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

SCALA 1:65.000



0 2 4 6 8 10 KM 12

Map for the exposure of slopes

Through the slope exposure map, obtained from the digital terrain model (DTM), we want to represent the direction to which the slopes of the land are exposed, indicating, with an appropriate shade of colour, the orientation of these with respect to the relative cardinal points.

We can see that the anthropized environment tends to be located in the south-facing slopes, since this position is optimal in terms of sunshine and temperature conditions, aspects that turn out to be relevant in a mountainous context.

Such an analysis is therefore essential to understand which portions of the territory are the most favourable and explain the reasons related to the choice of the location of settlements and portions of land dedicated to productive activities.

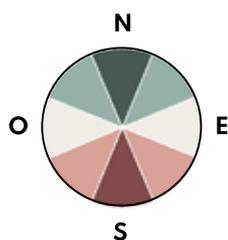
Carta esposizione dei versanti

Tramite la carta dell'esposizione dei versanti, ricavata a partire dal modello digitale del terreno (DTM), si vuole rappresentare la direzione verso la quale sono esposti i versanti del terreno, indicando, con una opportuna tonalità di colori, l'orientamento di questi rispetto ai relativi punti cardinali.

Possiamo notare come l'ambiente antropizzato sia tendenzialmente collocato nei versanti esposti a Sud, poichè questa posizione risulta ottimale in termini di condizioni di soleggiamento e temperatura, aspetti che risultano essere rilevanti in un contesto montano.

Un'analisi di questo tipo è quindi essenziale per comprendere quali siano le porzioni del territorio più favorevoli e spiegano le ragioni relative alla scelta della posizione degli insediamenti e delle porzioni di terreno dedicate alle attività produttive.

ESPOSIZIONE DEI VERSANTI



CRINALI MONTANI

- Montani principali
- Montani secondari

RETE IDROGRAFICA

- Corso Secondario
- Corso Minore
- Affluenti

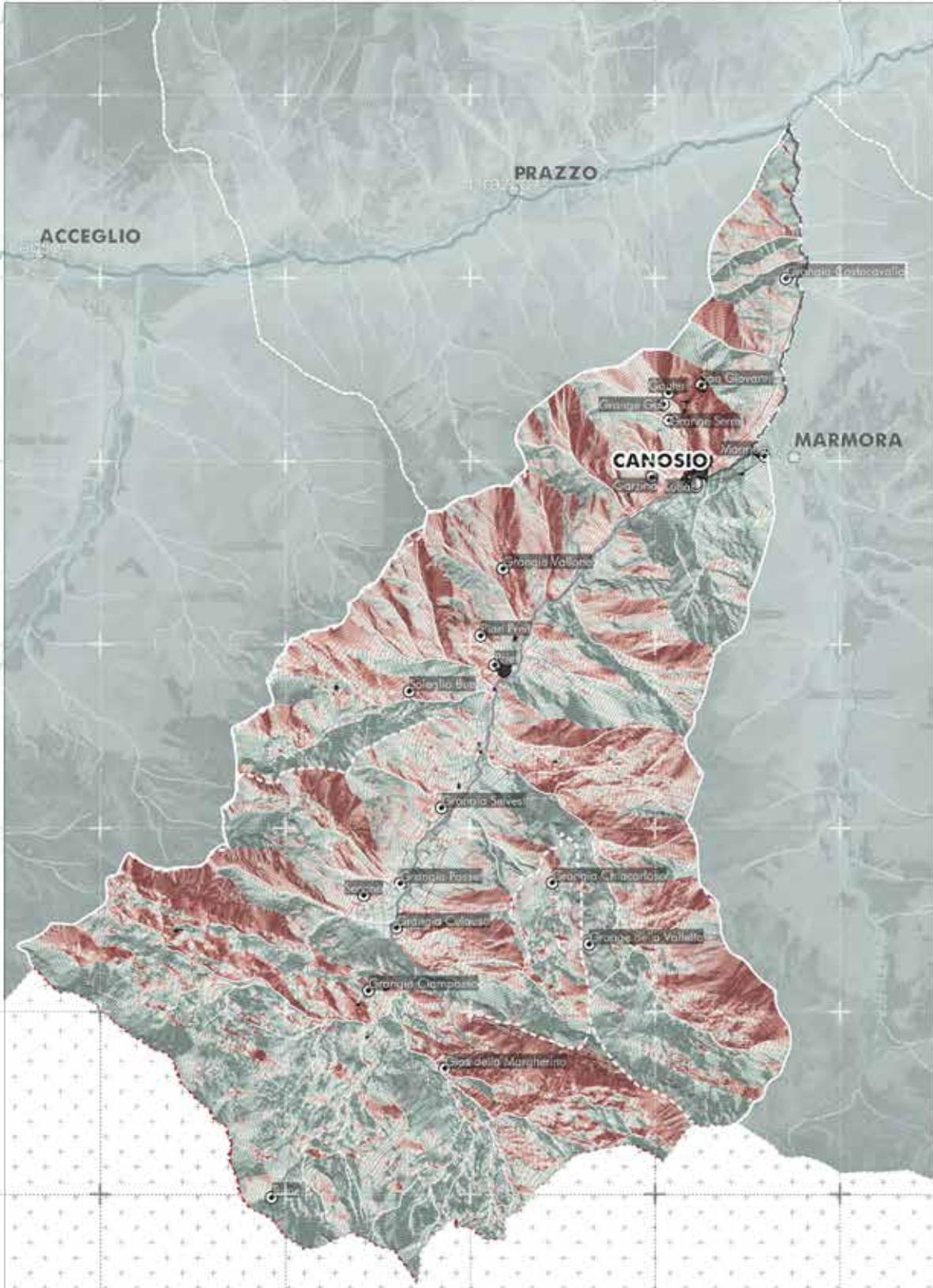
INFRASTRUTTURE

- Edificato
- Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp
file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp
file laghi, shp file isolinee.

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.

STROPPO



CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

SCALA 1:65.000



0 2 4 6 8 10 KM 12

Soil Map

This representation returns an assessment of the limitations and characters of soils, aimed at use for agricultural and forestry purposes, based on soil and environmental criteria.

According to these criteria, the territory is divided into different classes of categories, respectively, from soils with discrete restrictions (Class I) to soils with very severe restrictions (Class VII).

In the case analysed, the territory presents predominantly, soils with severe constraints and reduced capacity for agricultural purposes, probably related to the geomorphological characteristics of the same, the considerable slopes and criticality of the slopes, which make, in some cases, impractical the production of certain crops or grazing activities.

For better understanding and interpretation, a representation is returned that relates the potential of soils to their nature, thus to their chemical and physical characteristics.

CAPACITÀ USO DEL SUOLO

-  n.d.
-  Suoli con limitazioni molto forti; il loro uso è ristretto al pascolo e al bosco.
-  Suoli con limitazioni severe; il loro uso è ristretto al pascolo poco produttivo e al bosco di protezione.

TIPOLOGIA SUOLI

-  Entisuoli di montagna
-  Inceptisuoli di montagna
-  Rocce

Carta dei suoli

Questa rappresentazione restituisce una valutazione dei limiti e dei caratteri dei suoli, finalizzata all'utilizzo per scopi agricoli e forestali, in base a criteri pedologici e ambientali.

In funzione di questi criteri viene suddiviso il territorio in diverse classi di categoria, rispettivamente dai suoli con limitazioni discrete (Classe I) ai suoli con restrizioni molto severe (Classe VII).

Nel caso analizzato, il territorio presenta prevalentemente, dei suoli con severi vincoli e capacità ridotte ai fini agricoli, probabilmente legate alle caratteristiche geomorfologiche degli stessi, alle notevoli pendenze e criticità dei versanti, le quali rendono, in certi casi, impraticabile la produzione di alcune colture o le attività di pascolo.

Per un'ulteriore comprensione e interpretazione, si restituisce una rappresentazione che mette in relazione le potenzialità dei suoli alla loro natura, quindi alle caratteristiche chimico-fisiche.

RETE IDROGRAFICA

-  Corso Secondario
-  Corso Minore
-  Affluenti

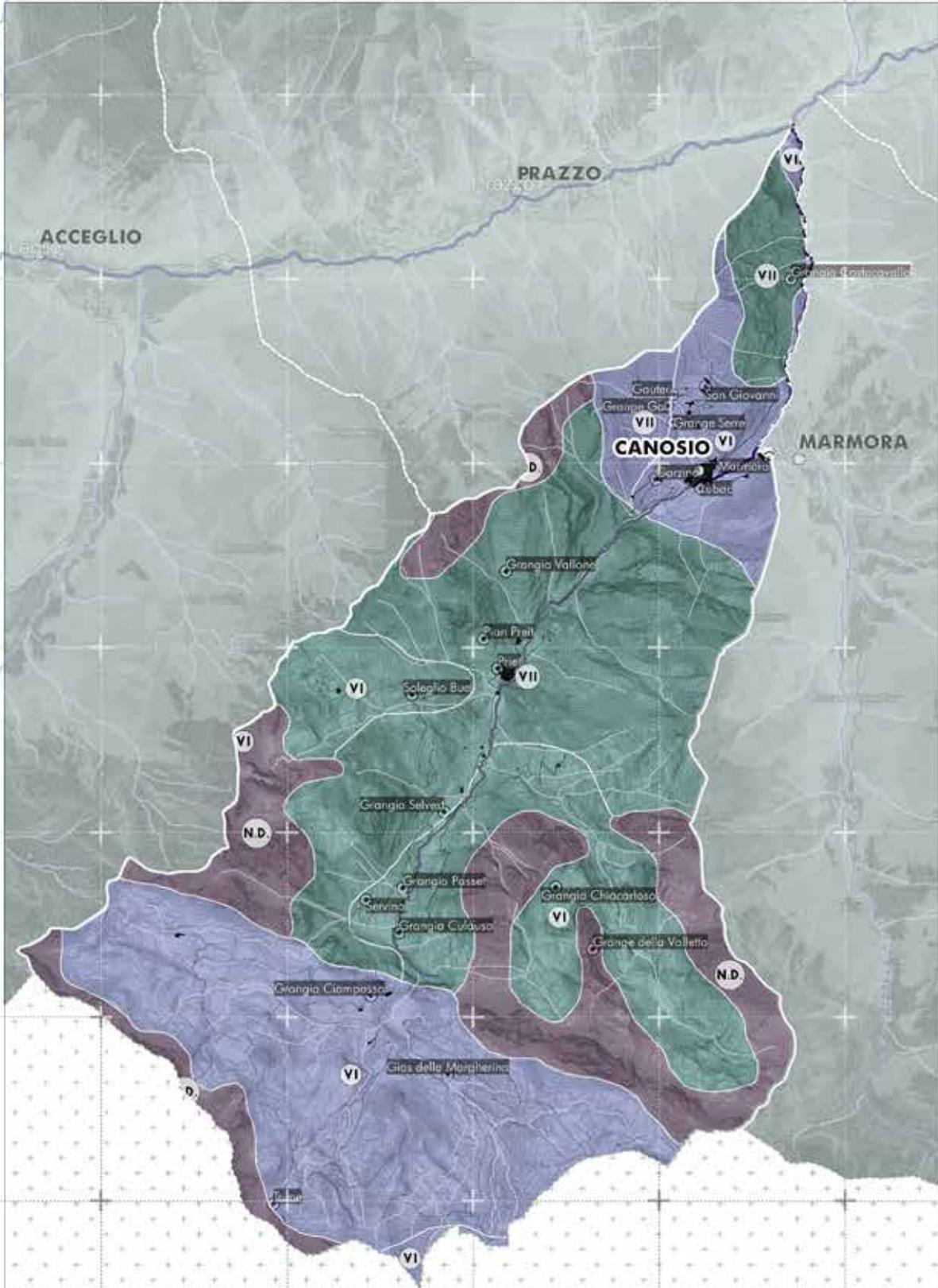
INFRASTRUTTURE

-  Edificato
-  Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp file laghi, shp file isolinee.
ARPA PIEMONTE - IPLA - shp file carta dei suoli, scala 1: 250.000

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.

STROPPO



CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

SCALA 1:65.000



0 2 4 6 8 10 12 KM

Forest Map

According to an appropriate categorization, the distribution of forest surfaces on the territory of Canosio is illustrated.

The landscape is characterized by an uneven coverage of forest essences, related to the presence of specific types of soils, which, as seen above, being rocky in nature, do not allow the growth of any type of vegetation.

In the other areas, with prevailing forest cover, larch groves stand out, on the eastern slopes of the river less exposed to the sun, alternating with fir and mountain pine forests on the north-facing slopes and Scots pine forests on the sunny ones. In marginal areas, on more homogeneous slopes, sub-albino shrub lands and encroaching thickets are frequent, while around the centres of Preit and Canosio, on steeper slopes, maple-grassland and montane pine forests prevail. At higher elevations, grassland is still present, with very interesting formations of pastoral value, dedicated to grazing activities.

VIABILITÀ FORESTALE

- Boschiva
- Multipla
- Pastorale

SUPERFICI FORESTALI

- Abetine
- Acero-tiglio-frassineti
- Alneti planiziali e montani
- Arbusteti subalpini
- Boscaglie pioniere di invasione
- Lariceti e cembrete
- Pinete di Pino montano
- Pinete di Pino silvestre
- Rimboschimenti
- vegetazione e terreno PASCOLO

Carta forestale

Secondo un'opportuna categorizzazione, viene illustrata la distribuzione delle superfici forestali sul territorio di Canosio.

Il paesaggio è caratterizzato da una disomogenea copertura di essenze forestali, legata alla presenza di specifiche tipologie di suoli, che, come visto precedentemente, essendo di natura rocciosa, non permettono la crescita di alcun tipo di vegetazione.

Nelle altre aree, con copertura forestale prevalente, spiccano i lariceti, sui versanti est del fiume meno esposti al sole, alternati ad abetine e pinete di Pino montano sui versanti esposti a nord e pinete di Pino silvestre in quelli soleggiati. Nelle zone marginali, su pendenze più omogenee, sono frequenti gli arbusteti subalpini e le boscaglie di invasione, mentre nell'intorno dei centri di Preit e Canosio, su versanti più scoscesi, prevalgono acero-tiglio-frassineti e alneti montani. A quote più elevate, è ancora presente la prateria, con formazioni molto interessanti per valore pastorale, dedicata alle attività di pascolo.

RETE IDROGRAFICA

- Corso Secondario
- Corso Minore
- Affluenti

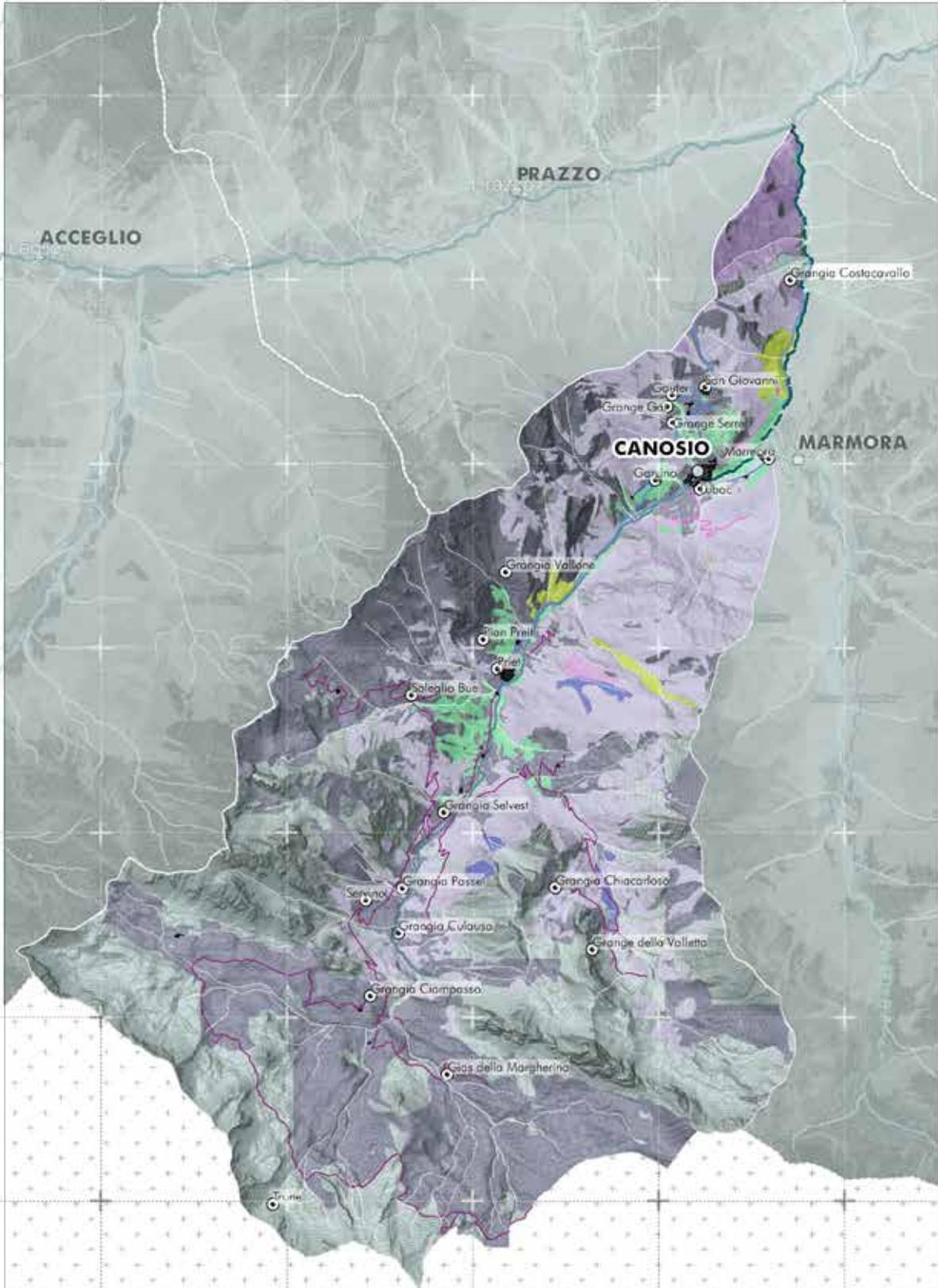
INFRASTRUTTURE

- Edificato

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp file laghi, shp file isolinee.
ARPA PIEMONTE - IPLA - shp file carta forestale agg_2016, shp file viabilità forestale.

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.

STROPPO



CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

SCALA 1:65.000



0 2 4 6 8 10 KM 12

Land Degradation Map

A relevant aspect for the protection of the natural and man-made environment certainly concerns the phenomenon of hydrogeological and avalanche disruptions, which is regulated and planned by the PAI, with the aim of reducing hydrogeological risk within values compatible with current land uses.¹

We note a considerable presence of areas subject to very high hazard avalanche risk along the entire water system that runs through the territory of Canosio.

There are several areas of active conoids and landslide zones, especially at the slopes characterized by high slopes, close to the anthropized environment, which put at serious risk the stability of soils and compromise safety in these centres.

¹([HTTPS://WWW.REGIONE.PIEMONTE.IT/WEB/TEMI/PROTEZIONE-CIVILE-DIFESA-SUOLO-OPERE-PUBBLICHE/DIFESA-SUOLO/STRUMENTI-PER-DIFESA-SUOLO/PIANO-PER-LASSETTO-IDROGEOLOGICO-PAI](https://www.regione.piemonte.it/web/temi/protezione-civile-difesa-suolo-opere-pubbliche/difesa-suolo/strumenti-per-difesa-suolo/piano-per-lassetto-idrogeologico-pai))

DISSESTI LINEARI DA PAI

- Area di esondazione a pericolosità molto elevata
- - - Area di valanga a pericolosità molto elevata o elevata

DISSESTI AREALI DA PAI

- Area di conoide attivo non protetta
- Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta
- Area di frana quiescente non perimetrata
- Area di frana attiva

RETE IDROGRAFICA

- Corso Secondario
- Corso Minore
- Affluenti

INFRASTRUTTURE

- Edificato
- Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche

Carta dei dissesti

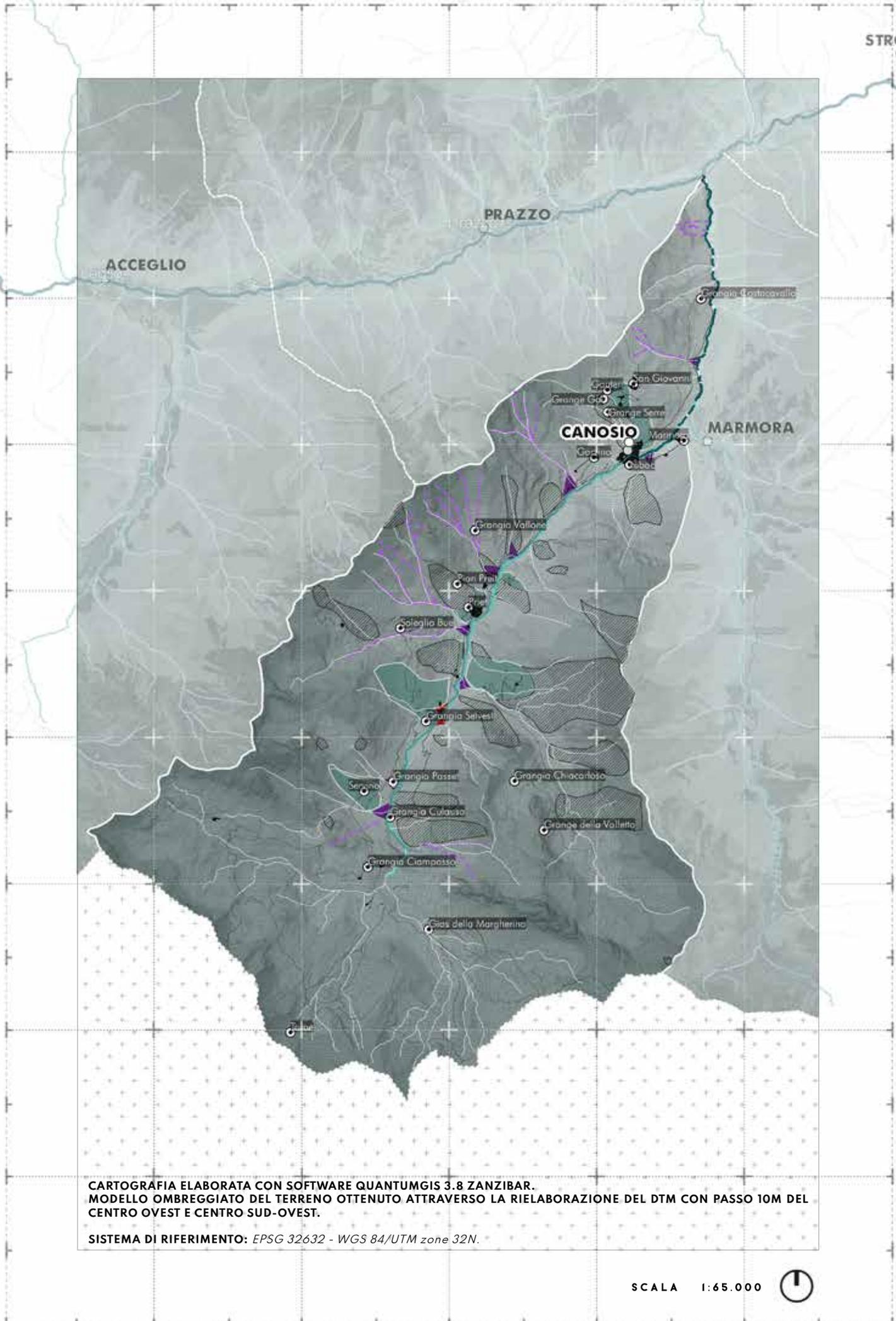
Un aspetto rilevante per la salvaguardia dell'ambiente naturale e antropizzato riguarda sicuramente il fenomeno dei dissesti idrogeologici e valanghivi, normato e pianificato dal PAI, con la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto.¹

Notiamo una considerevole presenza di aree soggette a rischio valanghivo a pericolosità molto elevata, lungo tutto l'impianto idrico che percorre il territorio di Canosio.

Diverse sono le aree di conoidi attivi e zone di frana, soprattutto in corrispondenza dei versanti caratterizzati da pendenze elevate, prossime all'ambiente antropizzato, che mettono a serio rischio la stabilità dei terreni e compromettono la sicurezza in questi centri.

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp file laghi, shp file isolinee.
PRG Piano Regolatore Regionale - shp file dissesti lineari da PAI, shp file dissesti areali da PAI.

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.



CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

SCALA 1:65.000



0 2 4 6 8 10 12 KM

Map of the economic system

A phenomenon that has weighed heavily on the country's economy and stable conditions, as we have seen, concerned the significant depopulation of the 20th century.

The project idea is linked to this aspect and aims to bring this area back to light, to enhance those features that made the valley rich in prosperity, during the prosperous period under the Marquisate of Saluzzo, by proposing and integrating, starting from the municipality of Canosio, new accommodation facilities.

As we can see in the municipality, services of this kind are lacking, if not practically absent in some areas, so agenda is, new settlement opportunities and the possibility of building a new mountain community to be offered.

Historical and contemporary manufacturing areas around the municipality of Canosio were highlighted in the map, suggesting a process of recovery and enhancement of manufacturing activities, which would provide new occupations for the inhabitants.

SERVIZI RICETTIVI

 B&b

 Rifugi

 Hotel

AREE PRODUTTIVE STORICHE E CONTEMPORANEE

 Infrastrutture per la produzione di energia idroelettrica di valenza storico-documentaria

 Poli e sistemi della protoindustria

RETE IDROGRAFICA

 Corso Principale

 Corso Secondario

 Corso Minore

 Affluenti

Carta impianti del sistema economico

Un fenomeno che ha gravato in modo non indifferente sull'economia e sulle condizioni di stabilità del paese, come abbiamo visto, ha riguardato il significativo spopolamento del XX secolo. L'idea di progetto si lega a questo aspetto e punta a riportare alla luce questo territorio, a valorizzare quelle caratteristiche che hanno reso la valle ricca di benessere, durante il florido periodo sotto il Marchesato di Saluzzo, proponendo e integrando, a partire dal comune di Canosio, nuove strutture ricettive.

Come possiamo notare, nel comune, servizi di questo tipo sono carenti, se non praticamente assenti in alcune aree, perciò, agenda in tal senso, si offrirebbero nuove opportunità di insediamento e la possibilità di costruire una nuova comunità montana.

Nella carta sono state evidenziate le aree produttive storiche e contemporanee nell'intorno del comune di Canosio, suggerendo un processo di recupero e valorizzazione delle attività della produzione, che fornirebbero nuove occupazioni per gli abitanti.

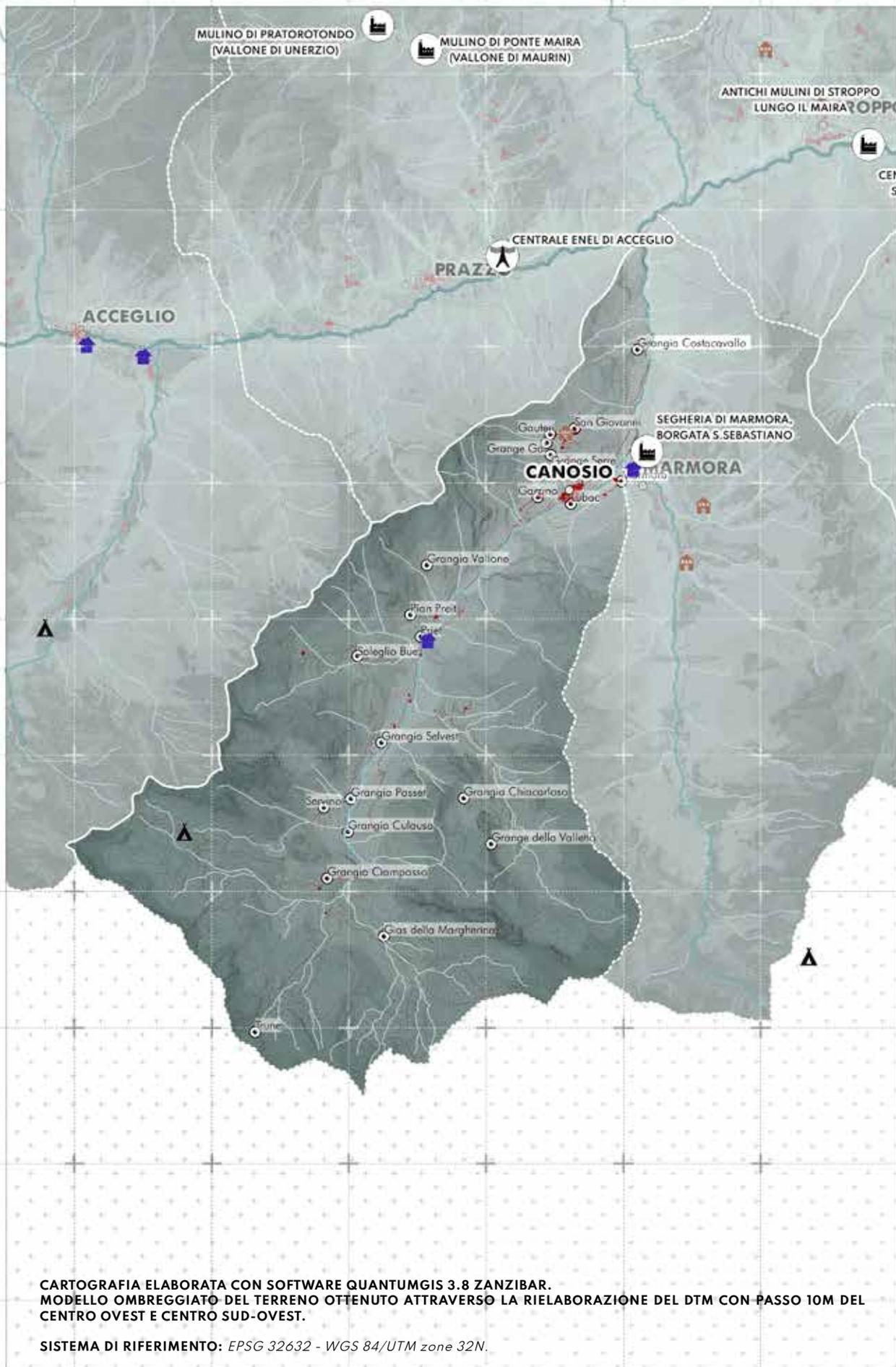
INFRASTRUTTURE

 Edificato

 Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche

DATI INSERITI: BDTRE regione Piemonte, scala 1:50.000.
BDTRE struttura aggregata, scala 1:10.000 - shp file comuni, shp file edificato, shp file fiumi, shp file laghi, shp file isolinee.
PPR - shp file aree e impianti della produzione industriale ed energetica di interesse storico.

FORMATO FILE INSERITI: SHP, Raster.



CARTOGRAFIA ELABORATA CON SOFTWARE QUANTUMGIS 3.8 ZANZIBAR.
 MODELLO OMBREGGIATO DEL TERRENO OTTENUTO ATTRAVERSO LA RIELABORAZIONE DEL DTM CON PASSO 10M DEL CENTRO OVEST E CENTRO SUD-OVEST.

SISTEMA DI RIFERIMENTO: EPSG 32632 - WGS 84/UTM zone 32N.

SCALA 1:80.000

0 2 4 6 8 10 12 15 KM

5.2 THE PROBLEMS FACED: MIGRATION FLOWS

As we can understand from the previous paragraphs based on the territorial analysis of Canosio using the GIS tools, and also keeping in mind the problems of depopulation faced by the municipality, we can deduce that there are plenty of opportunities at present in Canosio for new people to settle and build a livelihood in the mountains. The strategic location of Canosio also allows the people to stay there and along with proposing to work nearby.

we all know that on the 24th of February 2022, Russia invaded Ukraine in a major escalation of the Russo-Ukrainian War. This resulted in one of Europe's fastest growing refugee crisis since the second world war.

More than 8 million Ukrainians had no other option but to flee their country and seek refuge in different parts of the world, to seek safety, protection and assistance. The majority of refugees from Ukraine initially fled to countries in the immediate vicinity. However, Ukrainian nationals have been allowed to travel. Refugees may choose particular destination countries. Others have decided to stay closer to home, waiting for the security situation to improve. The map represents the exodus of Ukrainian refugees across Europe.

Italy already had the second largest Ukrainian population in Europe before the war began. Now, more than 129,000 of Ukrainian refugees have arrived seeking shelter.

This allowed us to come up with the fact that Casa Corte can act as a shelter for the refugees, in order for them to start a new life in the municipality of Canosio, and in turn solve the issue of depopulation faced.

5.2 I PROBLEMI AFFRONTATI: I FLUSSI MIGRATORI

Come si può capire dai paragrafi precedenti, in base all'analisi territoriale di Canosio tramite gli strumenti GIS e tenendo conto dei problemi di spopolamento che il Comune deve affrontare, si può dedurre che attualmente a Canosio ci sono molte opportunità per nuove persone di insediarsi e costruirsi una vita in montagna. La posizione strategica di Canosio permette inoltre alle persone di soggiornarvi e di proporsi per lavorare nelle vicinanze. Sappiamo tutti che il 24 febbraio 2022 la Russia ha invaso l'Ucraina in una grave escalation della guerra russo-ucraina. Ciò ha provocato una delle crisi di rifugiati, in rapida crescita, in Europa dalla seconda guerra mondiale. Più di 8 milioni di ucraini non hanno avuto altra scelta se non quella di fuggire dal proprio Paese e rifugiarsi in diverse parti del mondo, in cerca di sicurezza, protezione e assistenza. La maggior parte dei rifugiati ucraini si è rifugiata inizialmente nei Paesi limitrofi. Tuttavia, ai cittadini ucraini è stato permesso di viaggiare. I rifugiati possono scegliere particolari Paesi di destinazione. Altri hanno deciso di rimanere più vicini a casa, in attesa che la situazione della sicurezza migliori. La mappa rappresenta l'esodo dei rifugiati ucraini in Europa. L'Italia aveva già la seconda popolazione ucraina in Europa prima dell'inizio della guerra. Ora sono arrivati più di 129.000 rifugiati ucraini in cerca di rifugio. Questo ci ha permesso di pensare che Casa Corte possa fornire asilo ai rifugiati, in modo che possano iniziare una nuova vita nel comune di Canosio, risolvendo così il problema dello spopolamento.

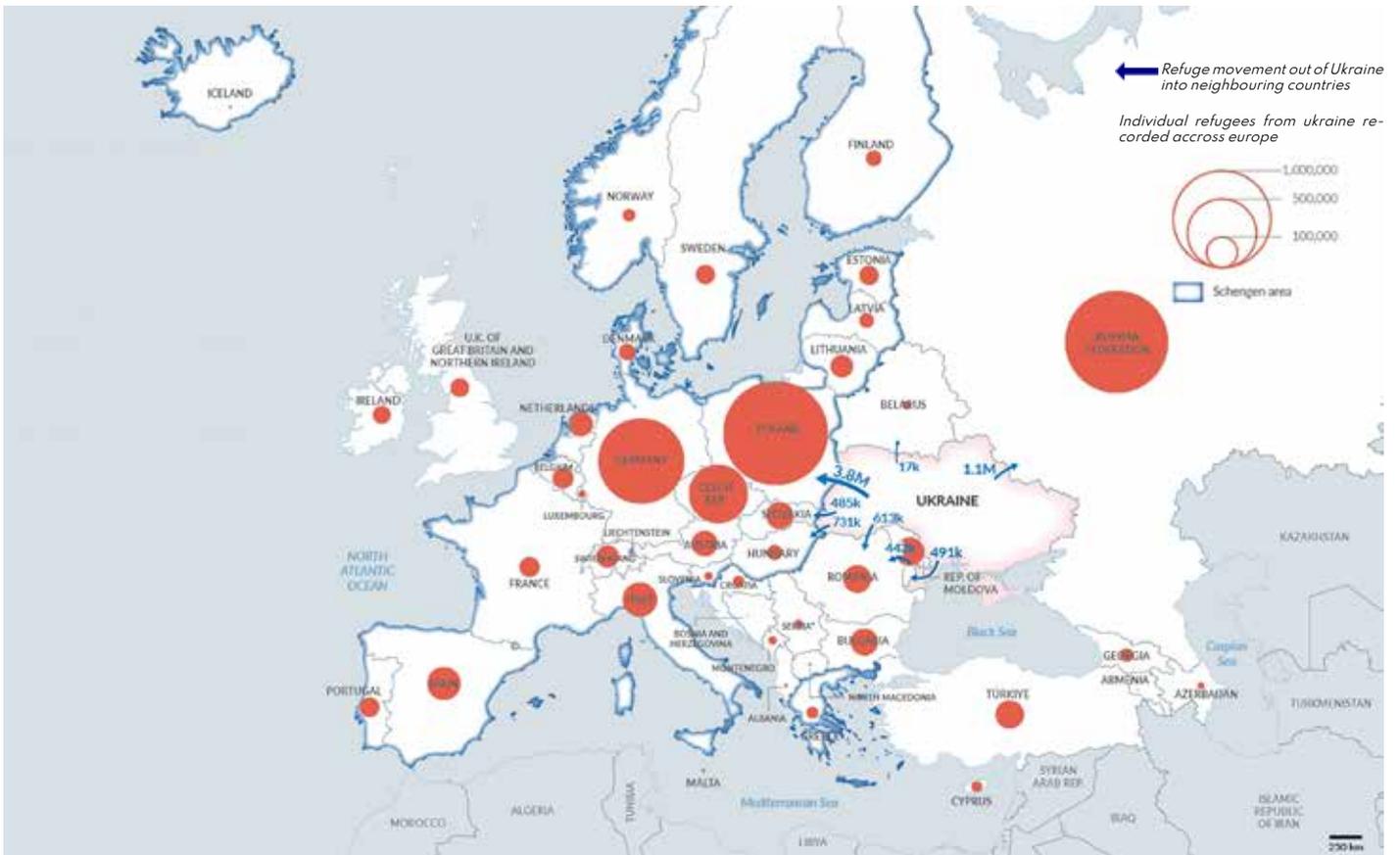


Fig.5.1- Map showing the migration of refugees from Ukraine to other European countries.

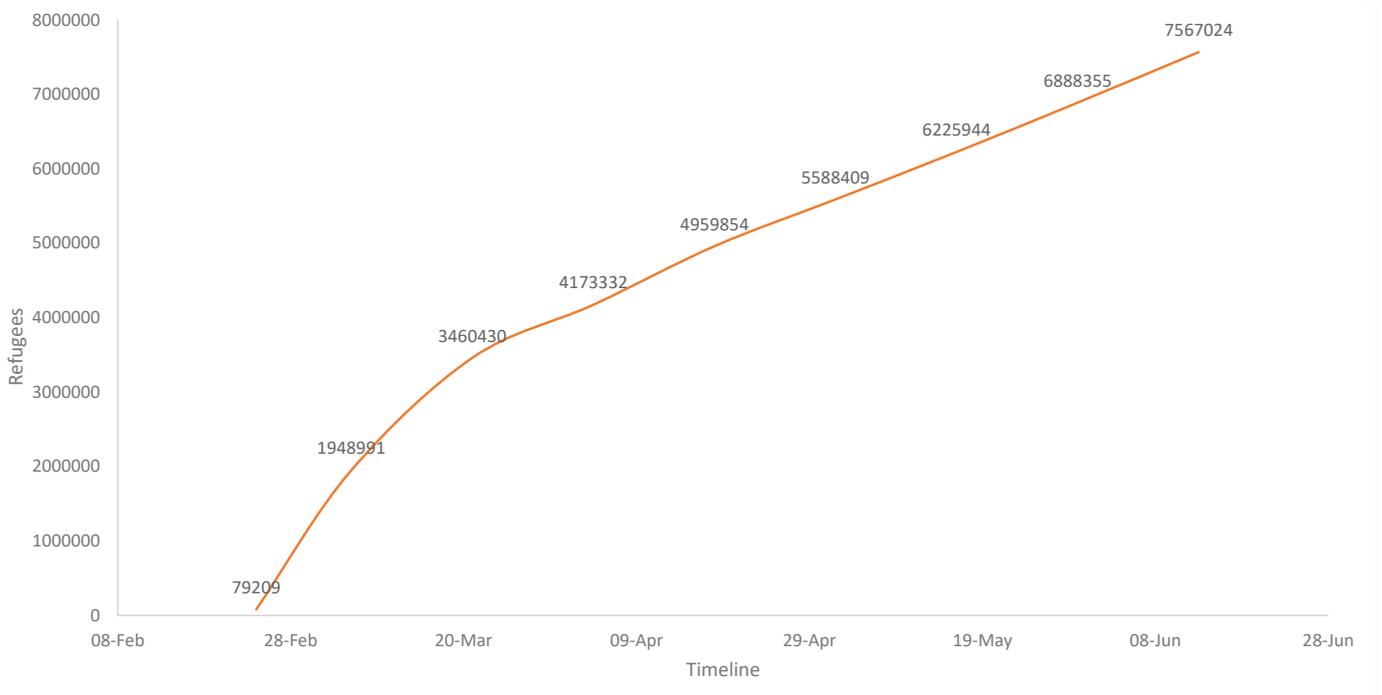


Fig.5.2- Graph illustrating the border crossings from Ukraine since 24th February 2022 to 13th June 2022. Source: <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>

“Adversity reveals genius, prosperity conceals it”-Horace.

Quoting Horace, we can surely say that just by providing the refugees some kind of employment, that benefits both the municipality and also the refugees, was one of the best ways to tackle the problems that are faced by both. For this reason, we have facilitated the new design for Casa Corte, that also includes a place for hosting hikers and tourists that pass by, along with a cafeteria which is open for all.

“Le avversità rivelano il genio, la prosperità lo nasconde” - Orazio.

Citando Orazio, possiamo sicuramente affermare che fornire ai rifugiati una sorta di occupazione, che vada a beneficio sia della municipalità sia dei rifugiati, è stato uno dei modi migliori per affrontare i problemi che entrambi si trovano ad affrontare. Per questo motivo, abbiamo promosso il nuovo progetto di Casa Corte, che comprende anche un luogo per ospitare gli escursionisti e i turisti di passaggio, oltre a una caffetteria aperta a tutti.



Fig.5.3- Image showing a war scenario, Source: Sergei Supinsky/AFP via Getty Images



Fig.5.4- Image showing the situation of refugees because of war, source: <https://www.vatican-news.va/>

CHAPTER

6

**Proposal of an emergency housing
by restoring Casa Corte**

CAPITOLO

6

**Proposta di un'emergenza abitativa
attraverso il recupero di Casa Corte**

6.1 DESIGN REFERENCES

6.1 RIFERIMENTI AL DESIGN

6.1.1 Consolidamento del mastio del castello di Matrera

Posizione / Position: Villamartin (Spain)

Anno di costruzione / Year of construction: 2014/2015

Architetto / Architect: Carlos Quevedo Rojas

After standing for about 1,000 years, Matrera Castle partially collapsed, leaving only a pair of walls.

The Andalusian fortress tower, a local landmark of historical importance, had been severely damaged by heavy rains, making it structurally unsound and in urgent need of salvage.

Spanish architect Carlos Quevedo Rojas was commissioned to rebuild the monument to reinforce the existing structure and prevent further collapse.

Dopo essere rimasto in piedi per circa 1.000 anni, il castello di Matrera è parzialmente crollato, lasciando solo un paio di mura.

La torre della fortezza andalusa, un punto di riferimento locale di importanza storica, era stata gravemente danneggiata dalle forti piogge, rendendola strutturalmente instabile e con urgente bisogno di essere salvata.

L'architetto spagnolo Carlos Quevedo Rojas è stato incaricato di ricostruire il monumento per rinforzare la struttura esistente ed evitare ulteriori crolli.

Plan

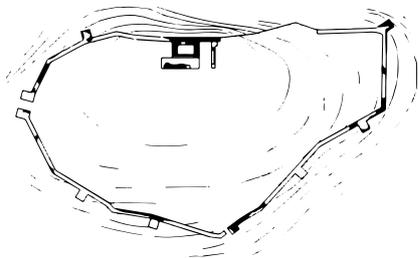


FIG. 6.1 - Consolidation of the Mastio's Castle of Matrera.

[HTTP://WWW.CARQUERO.COM/PROYECTOS/CONSOLIDACION-RESTAURACION-DEL-CASTILLO-MATRERA-CADIZ/](http://www.carquero.com/proyectos/consolidacion-restauracion-del-castillo-matrera-cadiz/)

Rather than replicate the original masonry, the firm filled in the missing sections with a contemporary addition to create a distinction between old and new. Carquero Arquitectura's proposal involved the use of locally sourced limestone with an exterior cladding of light-colored lime mortar, creating a contrast with the darker stone, filling in the voids left by the decades and echoing the original volume.

In the architect's words, "This intervention sought to achieve three basic objectives: structurally consolidate the elements at risk; differentiate the additions from the original structure (avoiding mimetic reconstructions that our law prohibits); and recover the volume, texture, and tone that the tower originally had." Thus, the essence of the project is not meant to be an image of the future, but rather a reflection of its past, its origin.¹

The philosophy of intervention is very close to our project idea, in that, likewise, we would like to reconstruct a portion of the Casa Corte building, restoring the original volumetry and formal image, using the characters of a contemporary architecture.



FIG. 6.2 - Remains of the tower before the consolidation intervention.

[HTTP://WWW.CARQUERO.COM/PROYECTOS/CONSOLIDACION-RESTAURACION-DEL-CASTILLO-MATERRA-CADIZ/](http://www.carquero.com/proyectos/consolidacion-restauracion-del-castillo-materra-cadiz/)

Piuttosto che replicare la muratura originale, lo studio ha riempito le sezioni mancanti con un'aggiunta contemporanea per creare una distinzione tra vecchio e nuovo. La proposta di Carquero Arquitectura prevedeva l'uso di pietra calcarea di provenienza locale con un rivestimento esterno di malta di calce chiara, creando un contrasto con la pietra più scura, riempiendo i vuoti lasciati dai decenni e riecheggiando il volume originale.

Nelle parole dell'architetto: "Questo intervento ha cercato di raggiungere tre obiettivi fondamentali: consolidare strutturalmente gli elementi a rischio; differenziare le aggiunte dalla struttura originale (evitando le ricostruzioni mimetiche che la nostra legge vieta) e recuperare il volume, la consistenza e la tonalità che la torre aveva in origine". L'essenza del progetto non vuole essere, quindi, un'immagine del futuro, ma piuttosto un riflesso del proprio passato, della propria origine".¹

La filosofia di intervento è molto vicina alla nostra idea di progetto, in quanto, allo stesso modo, vorremmo ricostruire una porzione del fabbricato Casa Corte, ripristinando la volumetria originale e l'immagine formale, utilizzando i caratteri di un'architettura contemporanea.



FIG. 6.3 - Top view of the castle complex.

[HTTP://WWW.CARQUERO.COM/PROYECTOS/CONSOLIDACION-RESTAURACION-DEL-CASTILLO-MATERRA-CADIZ/](http://www.carquero.com/proyectos/consolidacion-restauracion-del-castillo-materra-cadiz/)

¹([HTTPS://WWW.ARCHDAILY.COM/783861/CADIZ-CASTLE-RESTORATION-INTERESTING-INTERPRETATION-OR-HARMFUL-TO-HERITAGE](https://www.archdaily.com/783861/cadiz-castle-restoration-interesting-interpretation-or-harmful-to-heritage))

6.1.2 Conversione di una stalla

Posizione / Position: Bergün (Switzerland)

Anno di costruzione / Year of construction: 1994/1996

Architetto / Architect: D. Marques - B. Zurkirchen

Bergün is an Alpine village in Grisons.

The morphology of the location is characterised by the bipartite nature of the village houses: a stone residential volume towards the village centre and a directly adjoining, agriculturally used half-timber volume facing the landscape.

Bergün è un villaggio alpino dei Grigioni.

La morfologia del luogo è caratterizzata dalla natura bipartita delle case del villaggio: un volume residenziale in pietra verso il centro del paese e un volume semi-abitato direttamente adiacente, a uso agricolo, rivolto verso il paesaggio.

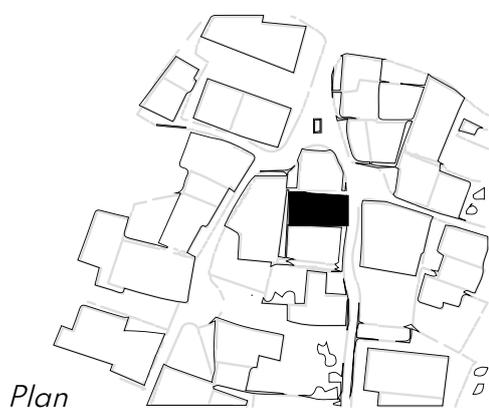


FIG. 6.4 - Front of the building, toward the central square

[HTTPS://WWW.MARQUES.CH/PROJEKT/1/1990/UMBAU-EINER-STALLUNG-BERGUEN-39.HTM](https://www.marques.ch/projekt/1/1990/umbau-einer-stallung-berguen-39.htm)

The starting point of the project was its conversion. The project symbolically approaches the task of inserting a new use into an old structure. The new volume embeds itself in between the existing construction and projects somewhat out of the old house front on the side facing the square. This highlights the design's process of alienation, although, together with the other houses on the square, it also creates a clearly defined exterior space. The measure's spatial layering is revealed in the interaction between the different façade systems: the large-scale, irregularly opened old buildings made of solid brickwork are set against a regular wooden façade that expresses its prefabrication and includes repetitive window elements.²

This solution, of approaching the pre-existence, relates very well to our proposal, in that we want to respect the traces of the old structure while introducing a new reading into the façade system that effectively distinguishes the layering.

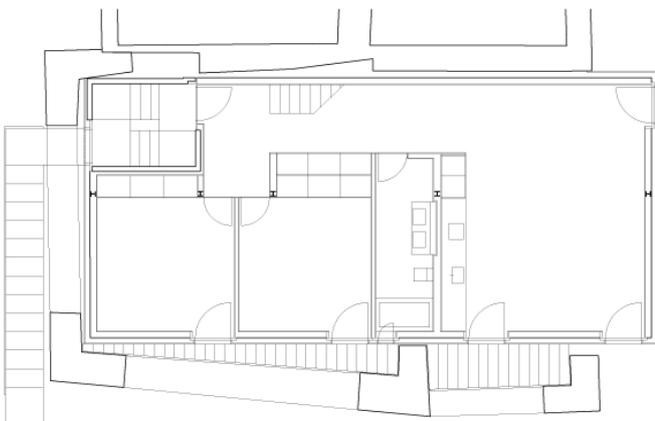


FIG. 6.5 - Floor plan of the building
[HTTPS://WWW.MARQUES.CH/PROJEKT/1/1990/UMBAU-EINER-STALLUNG-BERGUEN-39.HTM](https://www.marques.ch/projekt/1/1990/umbau-einer-stallung-berguen-39.htm)

Il punto di partenza del progetto è stata la sua conversione. Il progetto affronta simbolicamente il compito di inserire un nuovo uso in una vecchia struttura.

Il nuovo volume si inserisce tra la costruzione esistente e sporge in qualche modo dal fronte della vecchia casa sul lato rivolto verso la piazza. Ciò evidenzia il processo di alienazione del progetto, anche se, insieme alle altre case della piazza, crea uno spazio esterno chiaramente definito. La stratificazione spaziale dell'intervento si rivela nell'interazione tra i diversi sistemi di facciata: i vecchi edifici in mattoni pieni, di grandi dimensioni e dall'apertura irregolare, sono contrapposti a una facciata regolare in legno che esprime la sua prefabbricazione e include elementi finestrati ripetitivi.²

Questa soluzione, di approccio alla preesistenza, si collega molto bene alla nostra proposta, in quanto si vogliono rispettare le tracce della vecchia struttura, introducendo una nuova lettura nel sistema di facciata che distingue efficacemente la stratificazione.



FIG. 6.6 - View from the interior terrace.

[HTTPS://WWW.MARQUES.CH/PROJEKT/1/1990/UMBAU-EINER-STALLUNG-BERGUEN-39.HTM](https://www.marques.ch/projekt/1/1990/umbau-einer-stallung-berguen-39.htm)

²([HTTPS://WWW.MARQUES.CH/PROJEKT/1/1990/UMBAU-EINER-STALLUNG-BERGUEN-39.HTM](https://www.marques.ch/projekt/1/1990/umbau-einer-stallung-berguen-39.htm))

6.1.3 BORGATA PARALOUP

Posizione / Position: Rittana Italy

Anno di costruzione / Year of construction: 2014

Architetto / Architect: D. Castellino - V. Cottino - G. Barberis - D. Regis

The project for the restoration of the Paraloup hamlet in Valle Stura is, in its entirety, a concrete example of the viability of reviving a village that had been abandoned entirely. It also serves as a means of valuing and communicating one of the most intense chapters in our nation's history and serves as a potential bridge between traditional architecture and modern design.

The paraloup is a small mid-valley alpine hamlet made up of a core of stone buildings that were previously involved in seasonal alpine grazing activities but are now completely abandoned and in a state of advanced decay. Its settlement basis is determined by the arrangement along two lines, a specific type of Tau. The path that connects Rittana and Valloriate is parallel to the first line of the definition, which is flat, cuts through the community horizontally. A series of steps that form a chintana serve as a marker for the second axis, which is positioned vertically. The restoration project designed each action in accordance with place identity, intervention sustainability, environmental and social quality, conservation and improvement of architectural

Il progetto di recupero della frazione di Paraloup in Valle Stura è, nel suo complesso, un esempio concreto della possibilità di far rivivere un villaggio che era stato completamente abbandonato. È anche un mezzo per valorizzare e comunicare uno dei capitoli più intensi della storia della nostra nazione e funge da potenziale ponte tra architettura tradizionale e design moderno.

Paraloup è un piccolo borgo alpino di media valle costituito da un nucleo di edifici in pietra che in passato erano coinvolti nelle attività stagionali di pascolo alpino, ma che ora sono completamente abbandonati e in stato di avanzato degrado. La sua base insediativa è determinata dalla disposizione lungo due linee, una specifica tipologia di Tau. Il sentiero che collega Rittana e Valloriate è parallelo alla prima linea di definizione, che è pianeggiante e taglia orizzontalmente la comunità. Una serie di gradini che formano una chintana serve da marcatore per il secondo asse, che è posizionato verticalmente. Il progetto di restauro ha concepito ogni azione



FIG. 6.7 - A view of the borgata paraloup

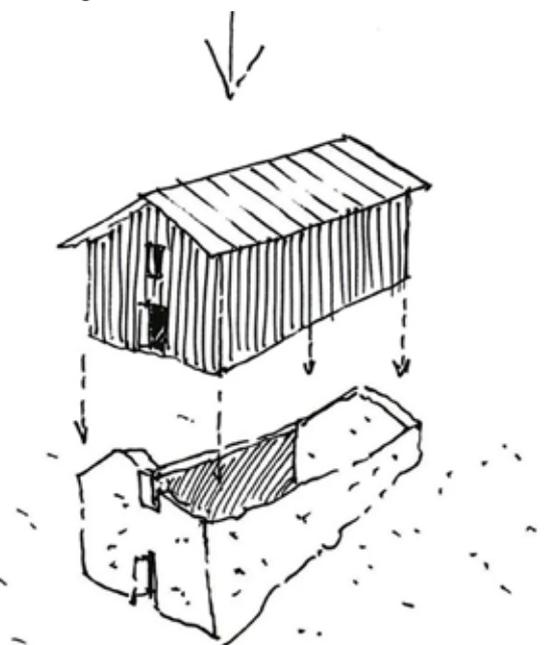


FIG. 6.8 - sketch showing the concept of merging the old and the new

and landscape history, and values that are important, vital, and authentic. Emphasis on the importance of good architectural design, the practical possibility of contemporary architectural design adhering to the fundamental principles of preservation and restoration, such as recognisability, reversibility, and minimal intervention, and at the same time the restoration of the architecture and environment's potential unity is made.

The adherence to this informing principle for architectures is straightforward in the plan: it involved combining the remnants of the built (while reading its integrity through an operation of building in the built) and its ruins. It was more complicated in the elevation, where we adhered by identifying as many original volumes, heights, and pitches in sharp, clear, and purified signs as we could. The geometry, volumes, and form stylization for an integration that completely accepts the concepts of recognisability of minimal intervention and at the same time of legibility of the site in its entirety, in its primordial form, are thus suggested by the ruins themselves, which is what we have targeted in our scope of design as well.³

nel rispetto dell'identità del luogo, della sostenibilità dell'intervento, della qualità ambientale e sociale, della conservazione e valorizzazione della storia architettonica e paesaggistica e dei valori importanti, vitali e autentici.

L'accento è posto sull'importanza di una buona progettazione architettonica, sulla possibilità pratica di una progettazione architettonica contemporanea che aderisca ai principi fondamentali della conservazione e del restauro, come la riconoscibilità, la reversibilità e il minimo intervento, e allo stesso tempo sul ripristino dell'unità potenziale dell'architettura e dell'ambiente.

L'adesione a questo principio informativo per le architetture è semplice nel progetto: si trattava di combinare i resti del costruito (leggendo la sua integrità attraverso un'operazione di costruzione nel costruito) e le sue rovine. È stato più complicato in alzato, dove abbiamo aderito identificando il maggior numero possibile di volumi, altezze e falde originali in segni nitidi, chiari e purificati. La geometria, i volumi e la stilizzazione delle forme per un'integrazione che accetti completamente i concetti di riconoscibilità dell'intervento minimo e allo stesso tempo di leggibilità del sito nella sua interezza, nella sua forma primordiale, sono quindi suggeriti dalle rovine stesse, che è ciò a cui abbiamo mirato anche nel nostro ambito di progettazione.³

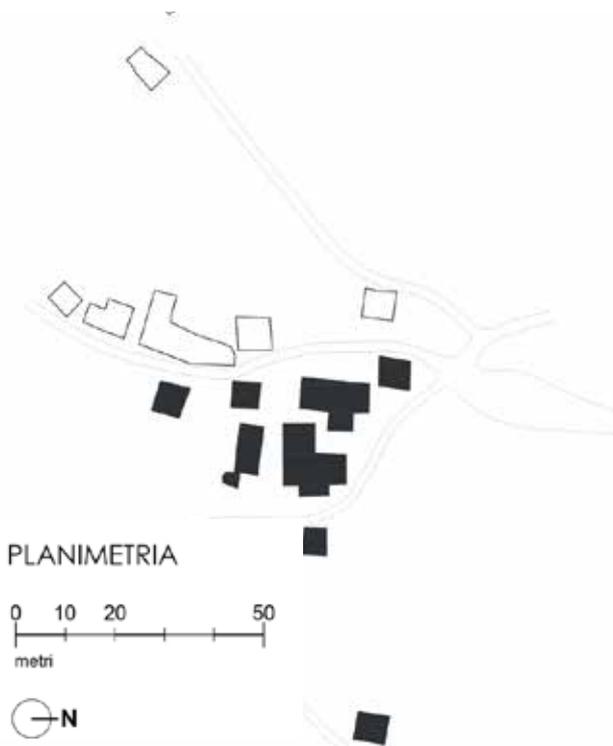


FIG. 6.9 - Plan of the cluster



FIG. 6.10 - View of the steps forming the chintana

³([HTTPS://WWW.THEPLAN.IT/ENG/AWARD-2017-CULTURE/RECUPERO-DELLA-BORGATA-PARALOUP-1](https://www.theplan.it/eng/award-2017-culture/recupero-della-borgata-paraloup-1))

6.2 EMERGENCY HOUSING PROPOSAL

Location: 44° 25' 25.1''N 7° 03' 00.6''E

Comune di Canosio - provincia di Cuneo - regione Piemonte, Italia.

The purpose of the project is to restore Casa Corte considering its architectural and historical value. The design of an emergency housing for the refugees affected by international war gives us the possibility to help, not only to the difficult situation that many people face every year because of international conflicts that force them to leave their hometowns and becoming people without shelter, but also addressing the problem that Canosio, and in general the municipalities of Valle Maira are facing, which is the depopulation. An important degradation not only in the economic system but also in the architectural heritage as we saw in Casa Corte.

The emergency housing will provide the possibility for 4 families to develop their lives in 4 new habitat units with all the main requirements of comfort and safety. Also, since the "soul" of Casa Corte was from the beginning to not only host people but also to give them the opportunity to work, we will provide a touristic economic activity. Due to the important quantity of visitors that Valle Maira has every year, we propose a system of rooms to host hikers, bikers, tourist, etc, and also a restaurant/bar activity in the ground floor. In this way the new inhabitants of the emergency housing will be living and working in the same time.

6.2 PROPOSTA DI EMERGENZA ABITATIVA

La progettazione di un rifugio di emergenza per i rifugiati colpiti da guerre internazionali ci dà la possibilità di contribuire non solo alla difficile situazione che molte persone affrontano ogni anno a causa di conflitti internazionali, che le costringono ad abbandonare i loro luoghi di origine e a diventare persone senza riparo, ma anche di affrontare il problema che Canosio, e in generale i comuni della Valle Maira, stanno affrontando, ovvero lo spopolamento. Una forma di degrado importante non solo per il sistema economico ma anche per il patrimonio architettonico, come abbiamo visto a Casa Corte.

L'emergenza abitativa darà la possibilità a 4 famiglie di sviluppare la propria vita in 4 nuove unità abitative dotate di tutti i principali requisiti di comfort e sicurezza. Inoltre, poiché lo "scopo" di Casa Corte è stata fin dall'inizio quella di non limitarsi a ospitare le persone, ma di dare loro la possibilità di lavorare, si offrirà un'attività economica turistica. Vista l'importante quantità di visitatori che la Valle Maira ha ogni anno, proponiamo un sistema di camere per ospitare escursionisti, ciclisti, turisti, ecc. e anche un'attività di ristorante/bar al piano terra. In questo modo i nuovi abitanti del rifugio di emergenza vivranno e lavoreranno allo stesso tempo.

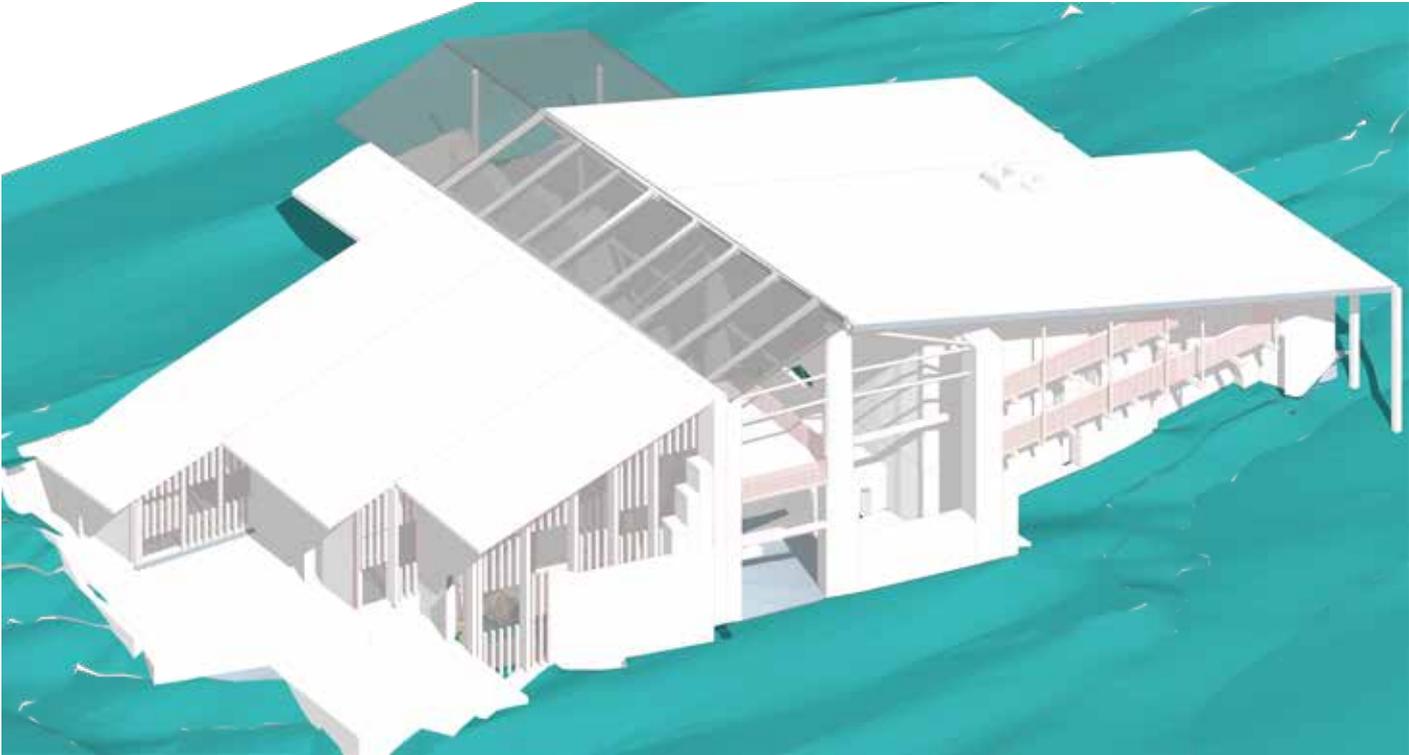


FIG. 6.11 - Axonometric view of the new intervention of Casa Corte

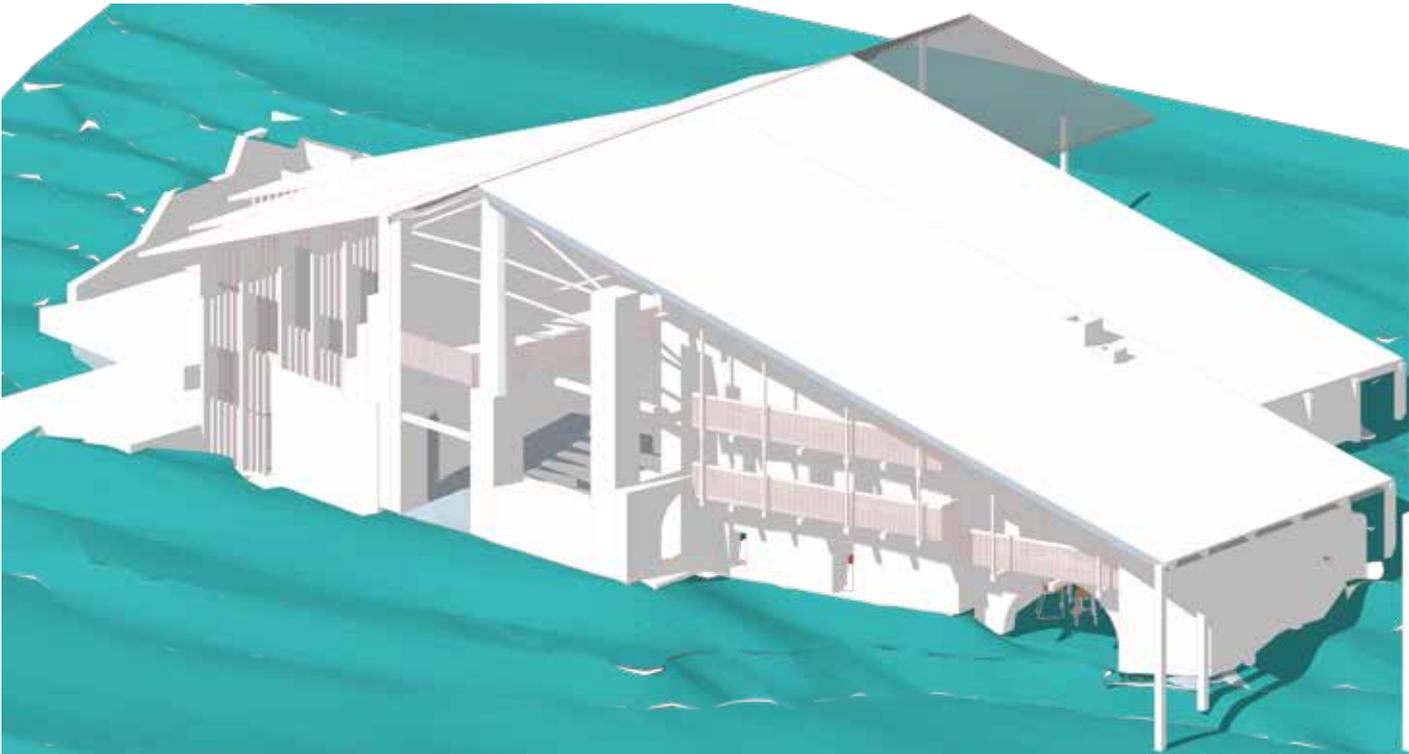
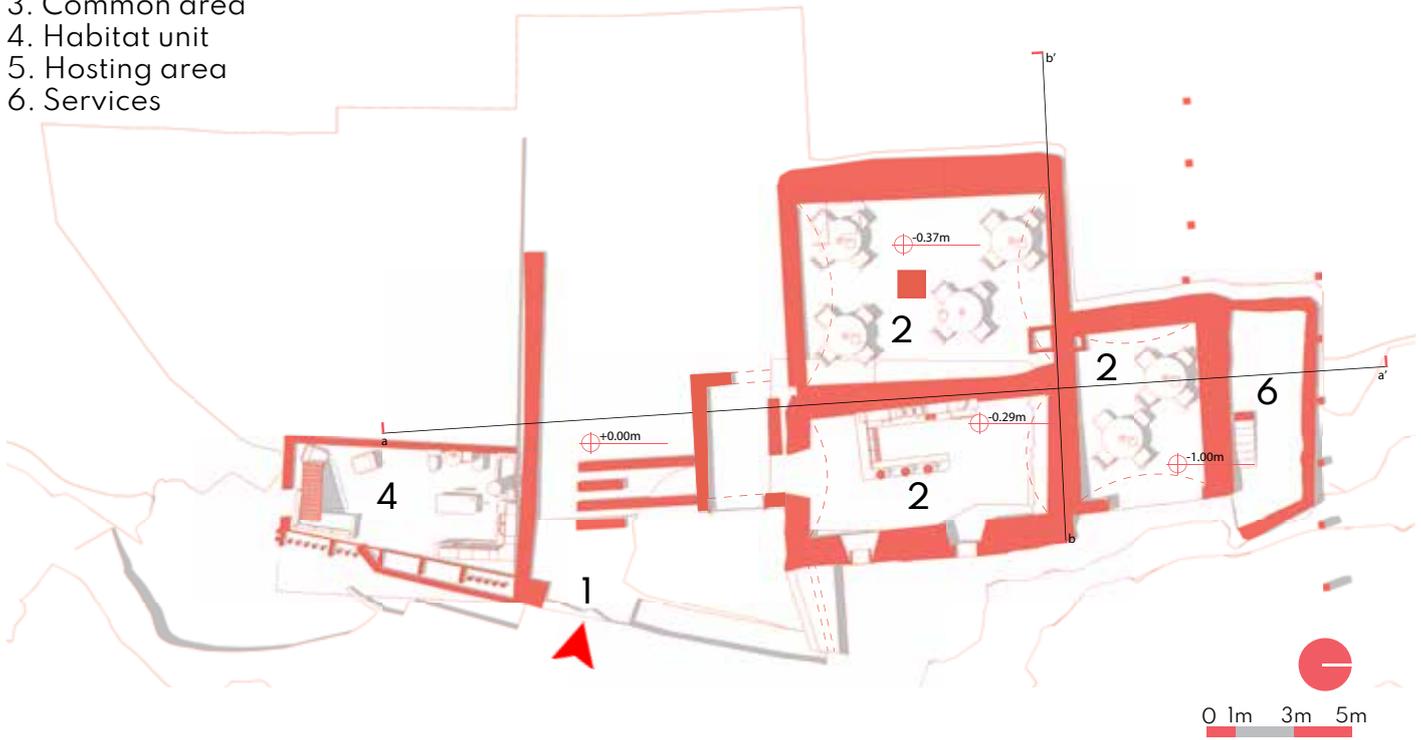
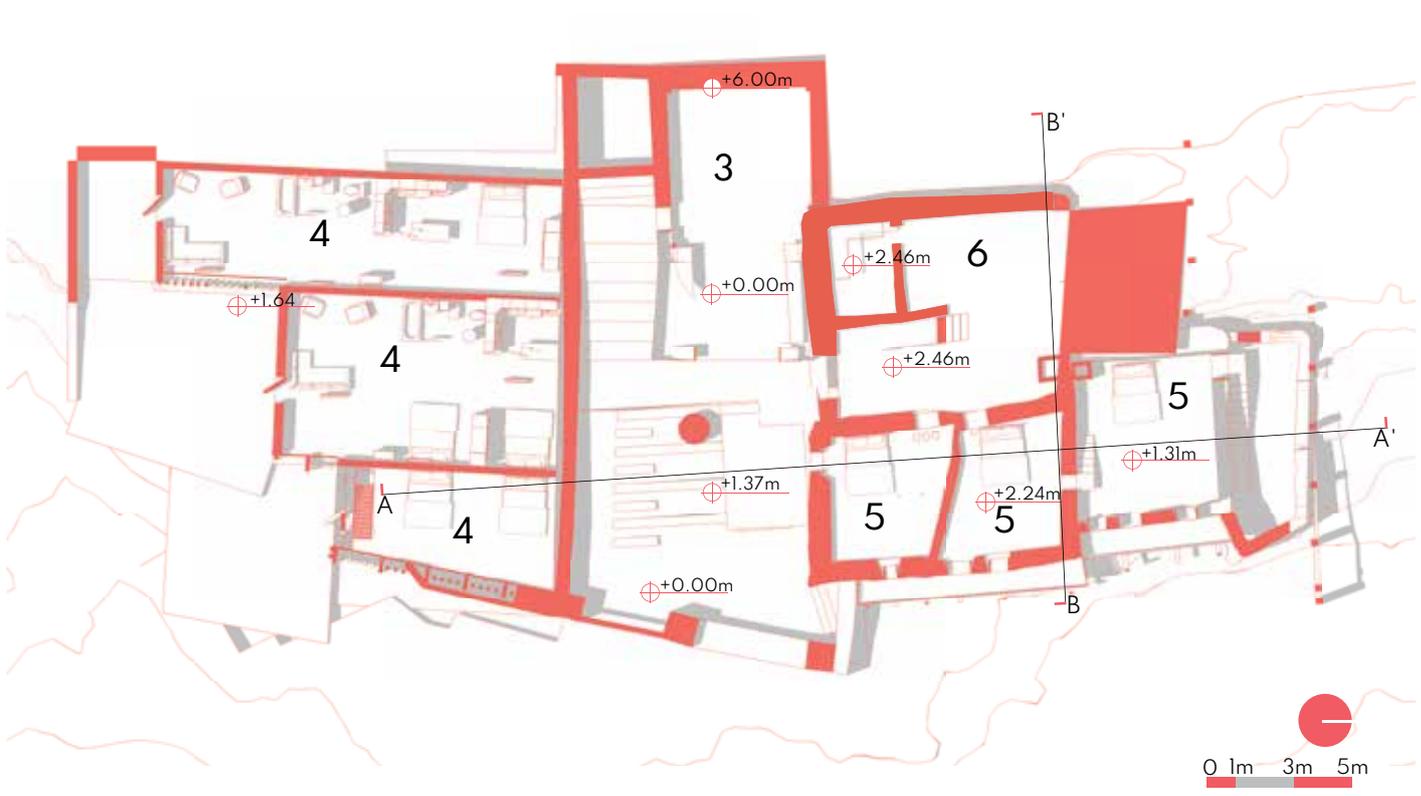


FIG. 6.12 - Axonometric view of the new intervention of Casa Corte

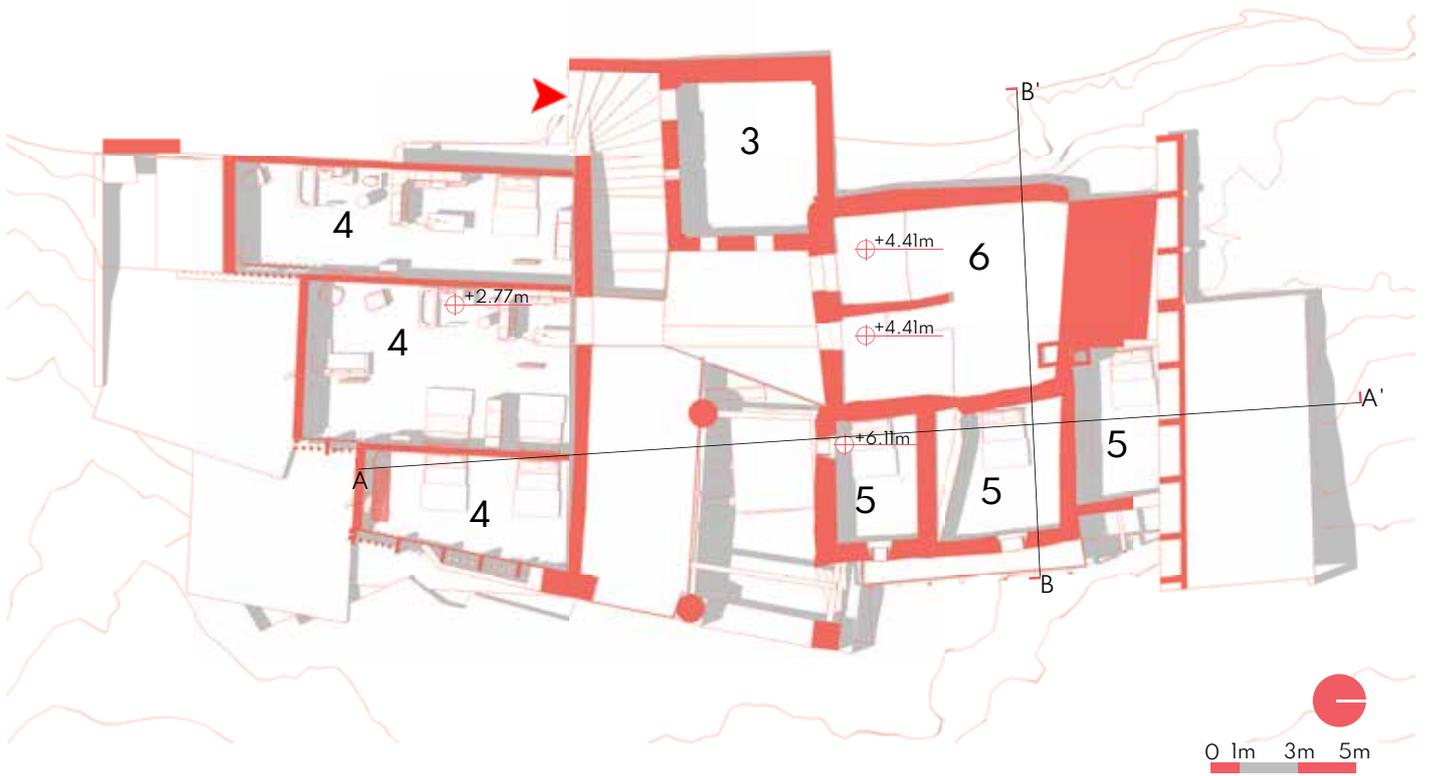
- 1. Entry
- 2. Bar/Cafeteria
- 3. Common area
- 4. Habitat unit
- 5. Hosting area
- 6. Services



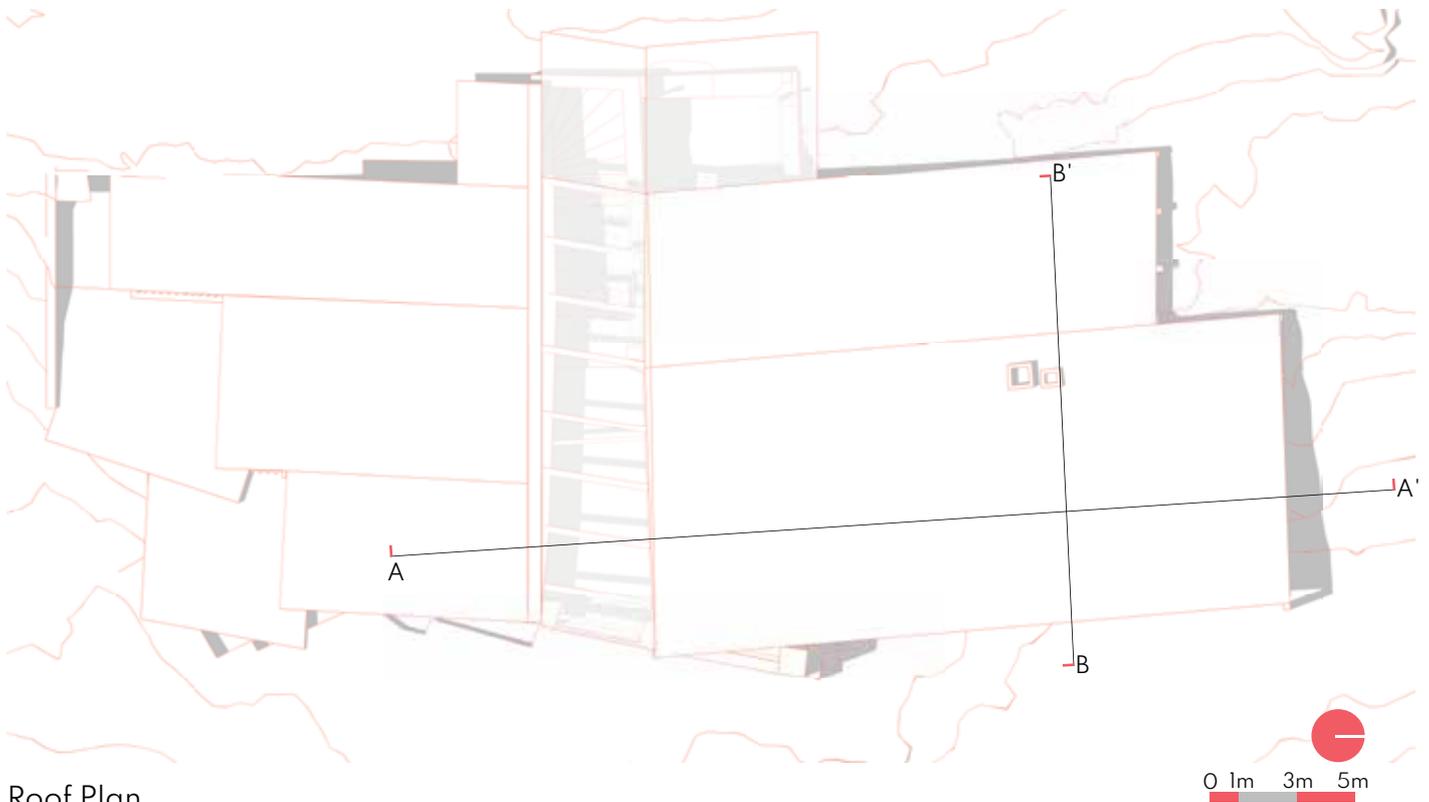
Ground Floor Plan



First Floor Plan



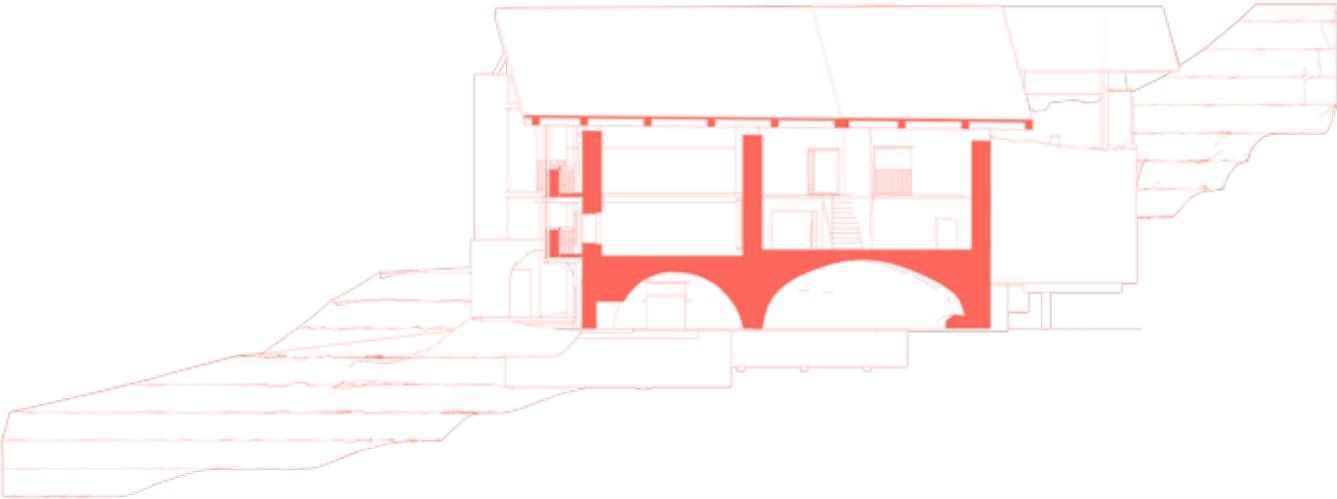
Second Floor Plan



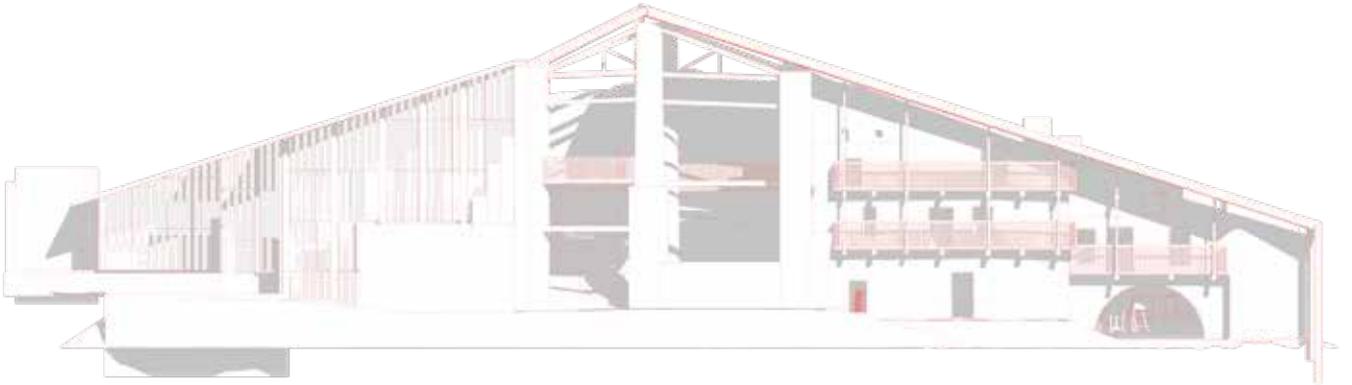
Roof Plan



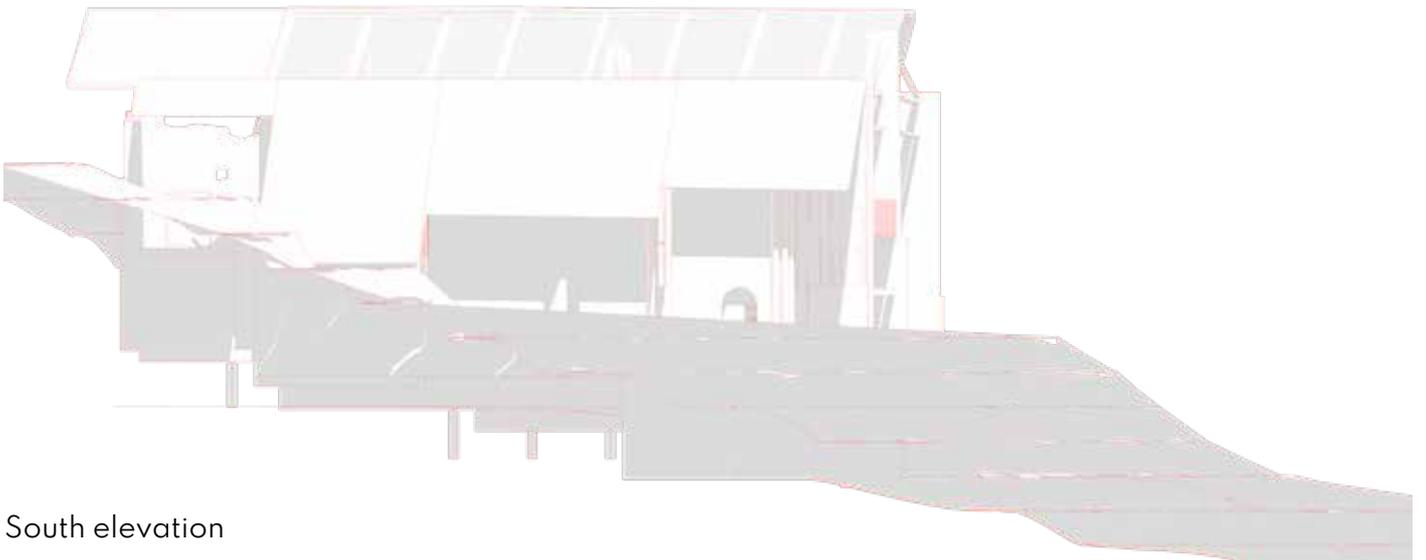
Section AA'



Section BB'



East elevation

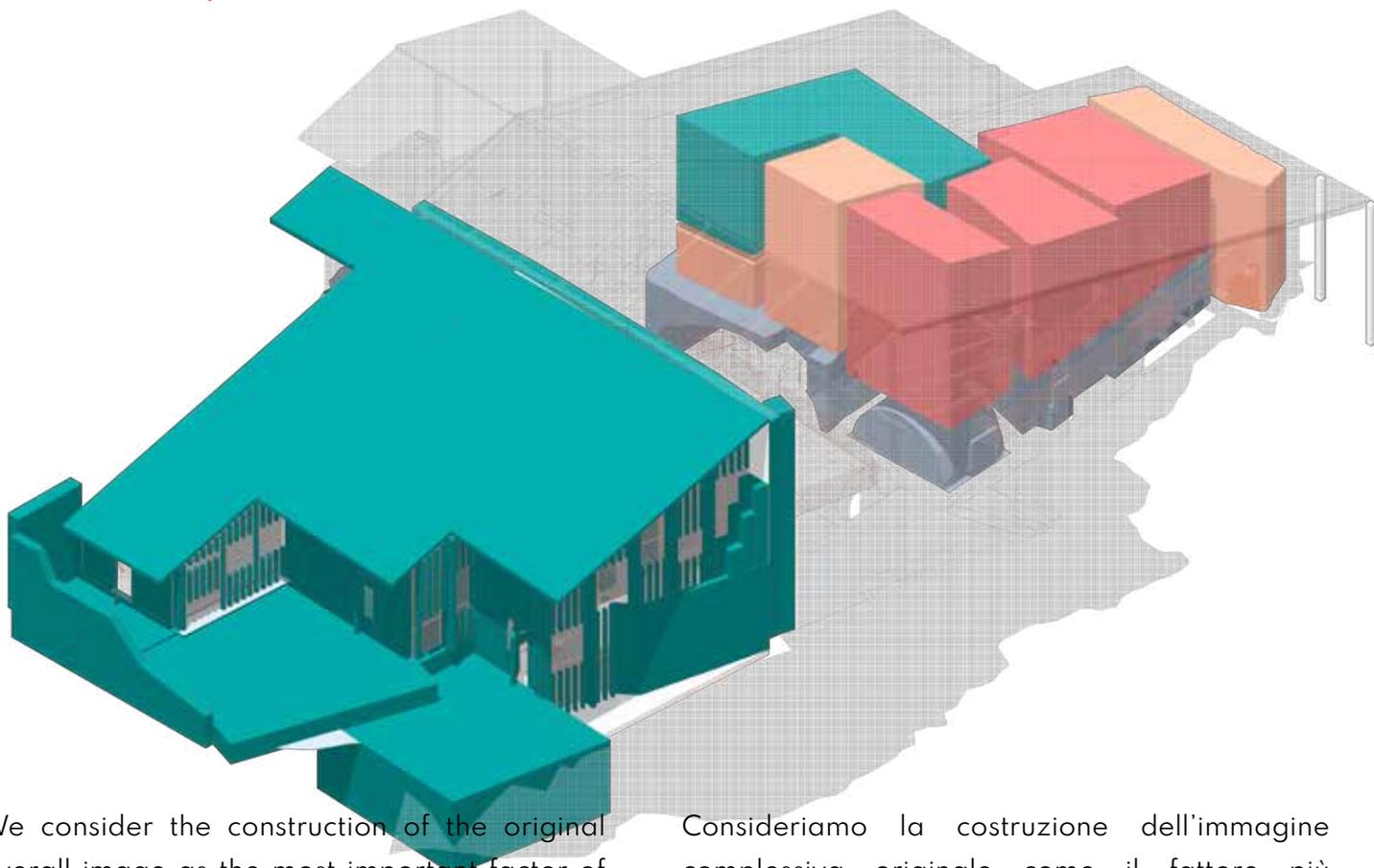


South elevation



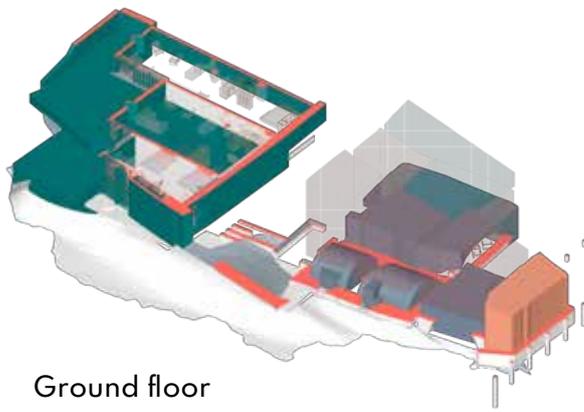
North elevation

The concept Il concept

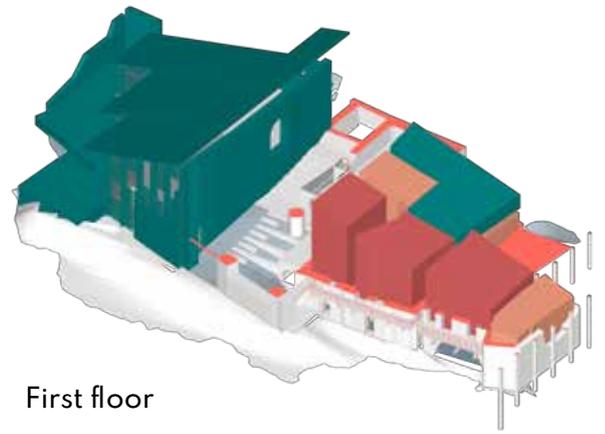


We consider the construction of the original overall image as the most important factor of our design, in other words, to keep the image of “two full one empty” that represents the soul of Casa Corte and that was modified through time. Where the main central void element of the house works as an articulator that holds into one the entire architecture. In the other hand, the north part of the house is kept as it is giving importance to the ruin and using the concept of “house inside the house” where the old structural system of walls and vaults works as a kind of a peel that holds inside the new architecture. A different concept was implemented for the south volume of the house where basically the opposite effect of the “house inside the house” was applied by using the existing architecture as part of the new one and in addition to that a complete new volume that covers the old one, respecting the limits of the original image of Casa Corte.

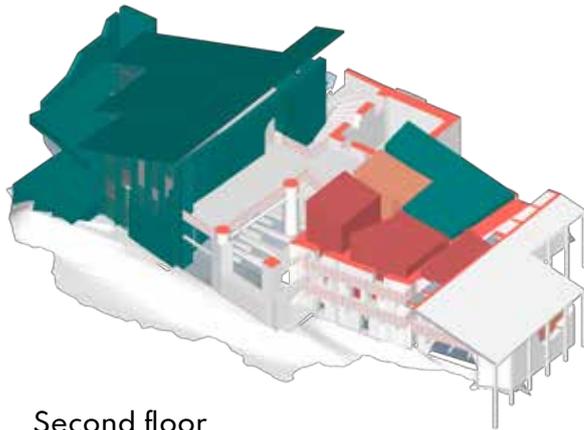
Consideriamo la costruzione dell'immagine complessiva originale come il fattore più importante del nostro progetto, ovvero mantenere l'immagine di “due pieni e un vuoto” che costituisce l'anima di Casa Corte, modificata nel tempo. Dove l'elemento principale del vuoto centrale della casa funziona come un articolatore che racchiude in sé l'intera architettura. D'altra parte, l'angolo settentrionale della casa viene mantenuto così com'è, dando importanza alla rovina e utilizzando il concetto di “casa dentro la casa”, dove il vecchio sistema strutturale di muri e volte funziona come una sorta di involucro che racchiude la nuova architettura. Un sistema diverso è stato adottato per il volume sud della casa, tramite l'effetto opposto rispetto alla “casa dentro la casa”, utilizzando l'architettura esistente come parte di quella nuova e un volume completamente nuovo che copre quello vecchio, rispettando i limiti dell'immagine originale di Casa Corte.



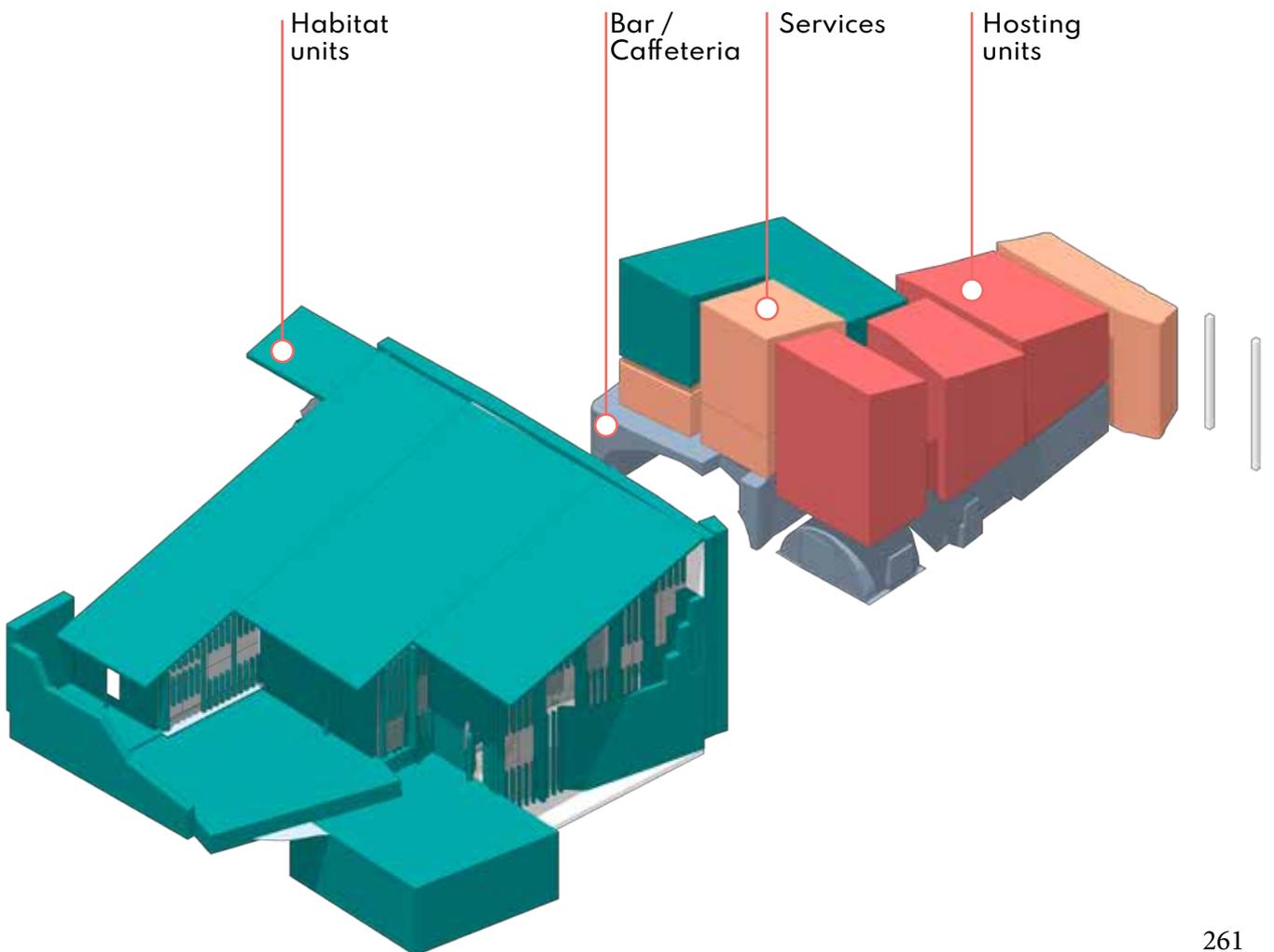
Ground floor



First floor



Second floor

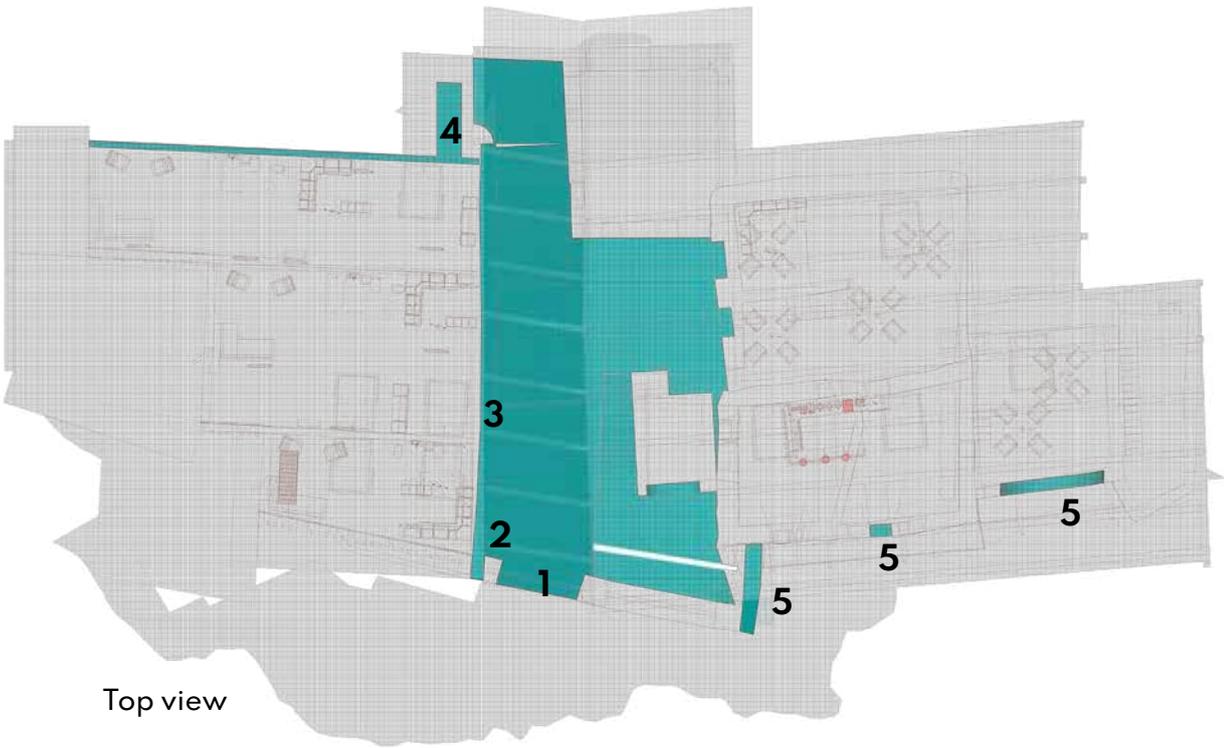


Habitat units

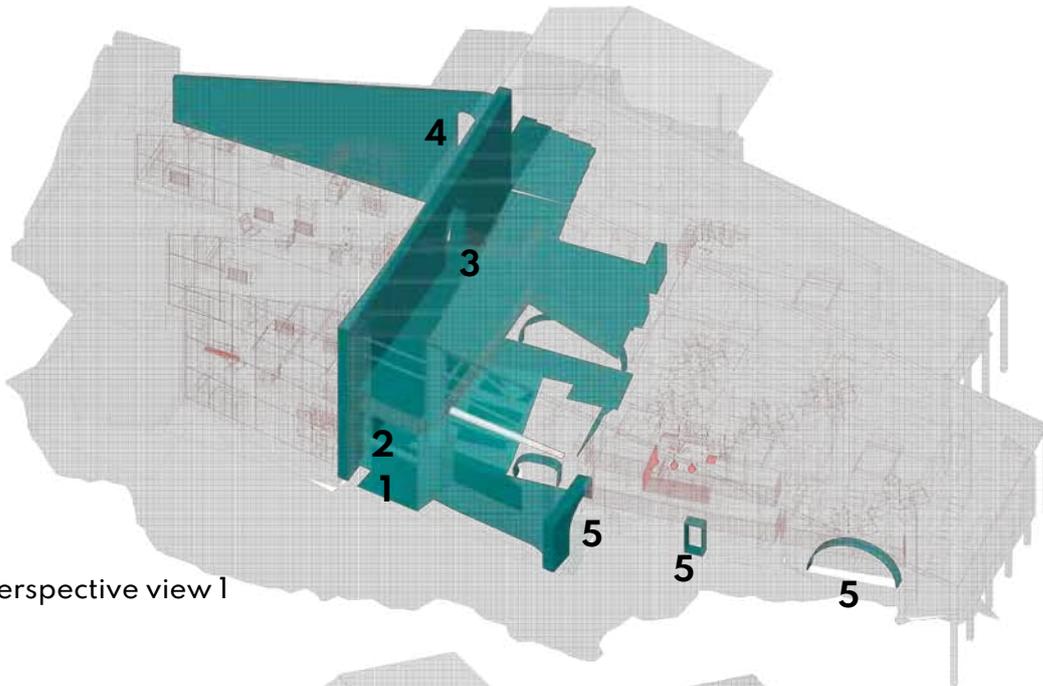
Bar / Caffeteria

Services

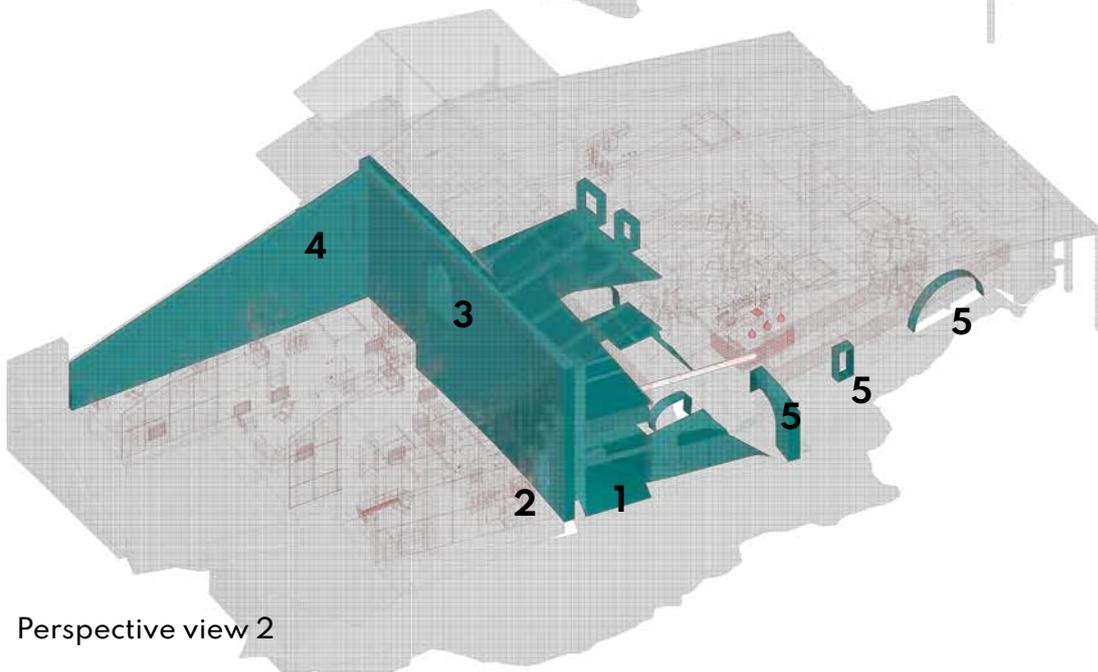
Hosting units



Top view

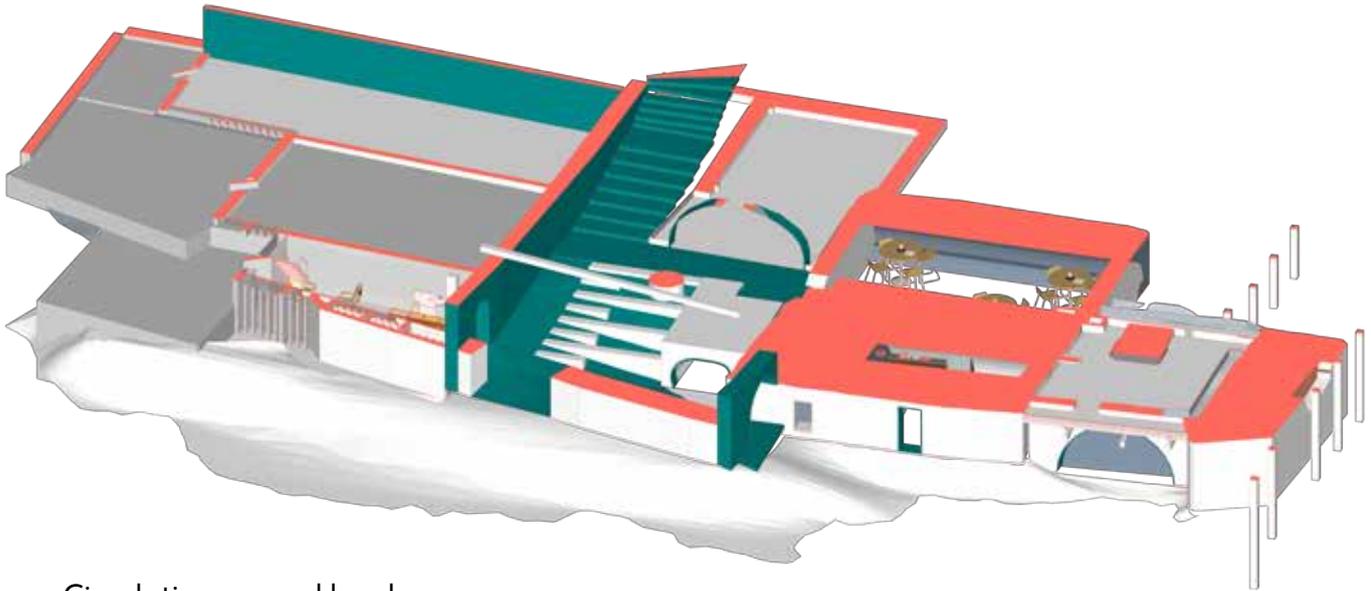


Perspective view 1

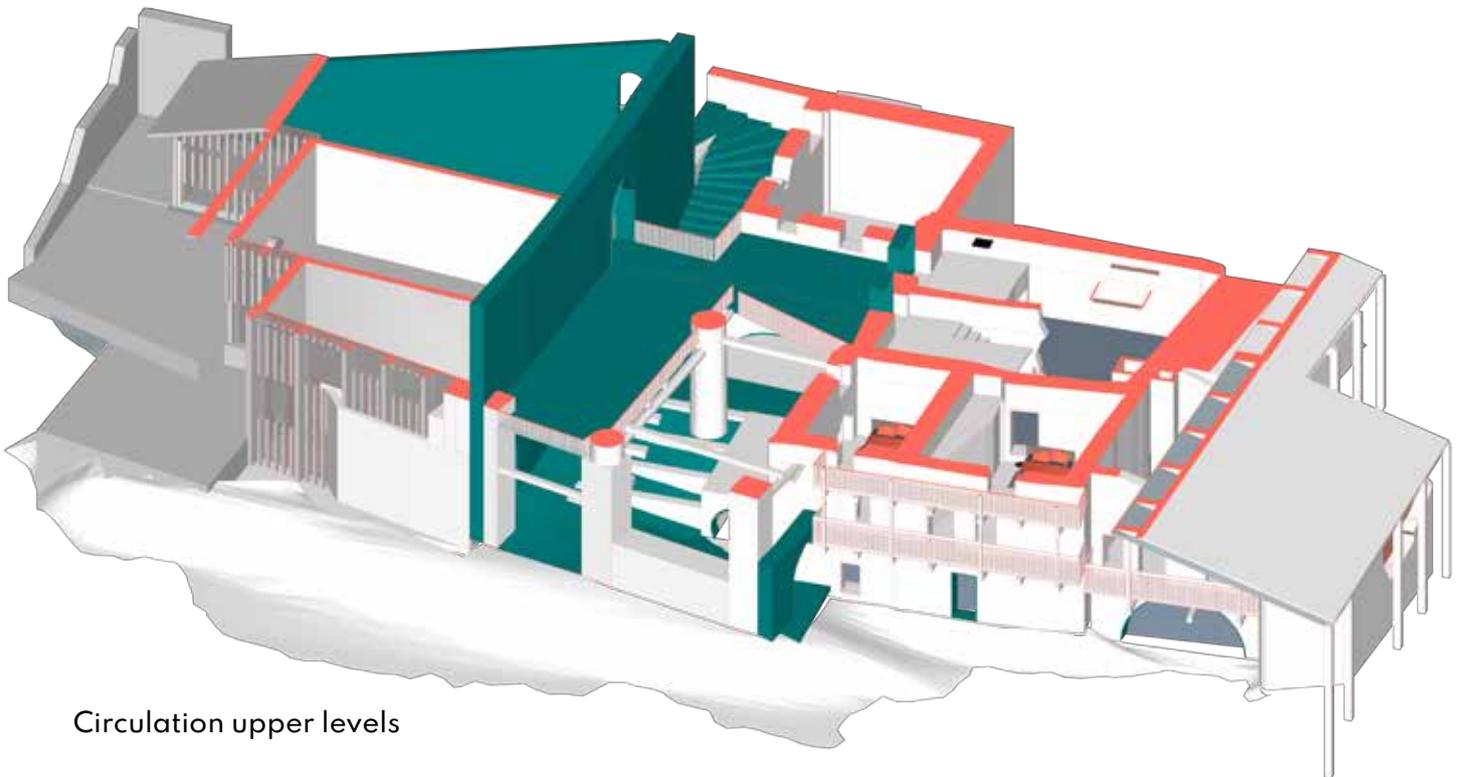


Perspective view 2

The circulation system Il sistema di percorsi



Circulation ground level



Circulation upper levels



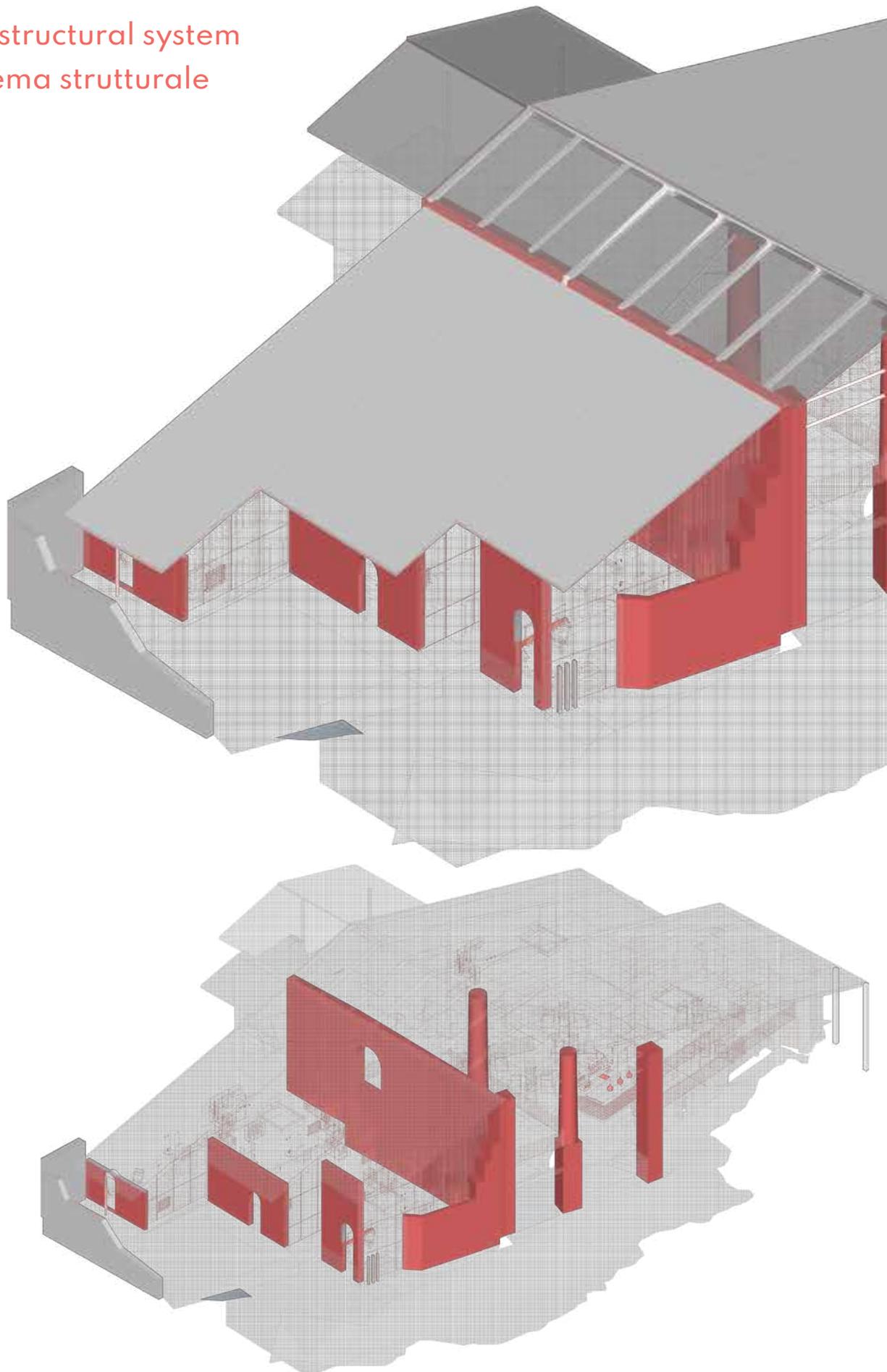
Section cut



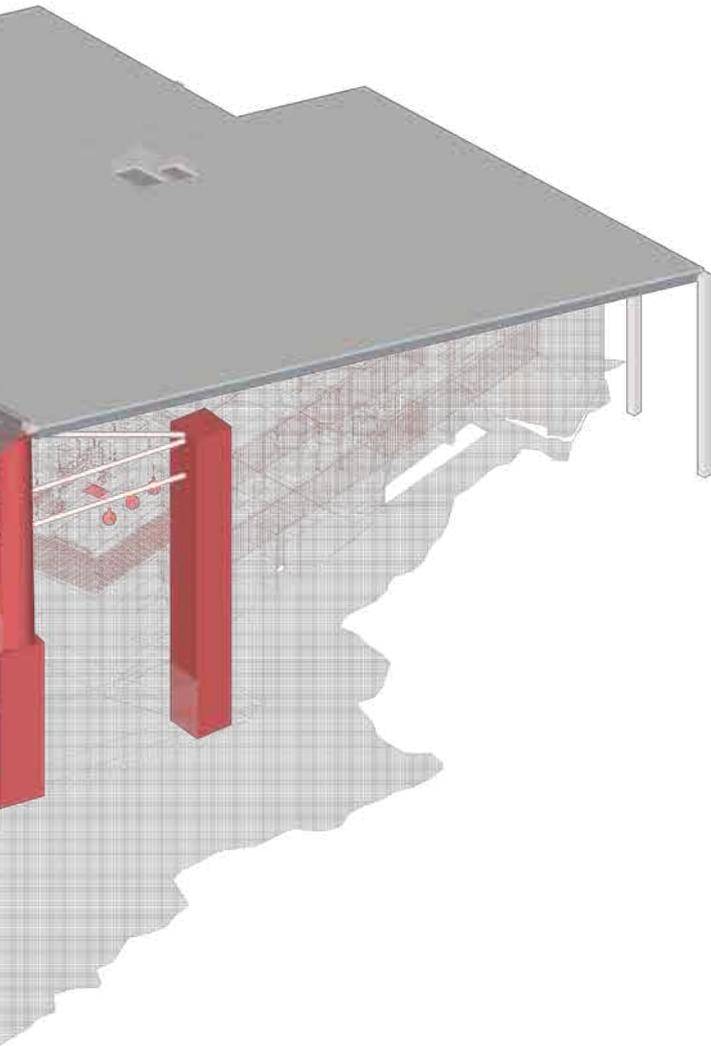
Circulation and accesses

- 1 main acces Casa Corte
- 2 acces unit 1
- 3 acces unit 2
- 4 acces unit 3
- 5 acces common spaces

The structural system
Sistema strutturale



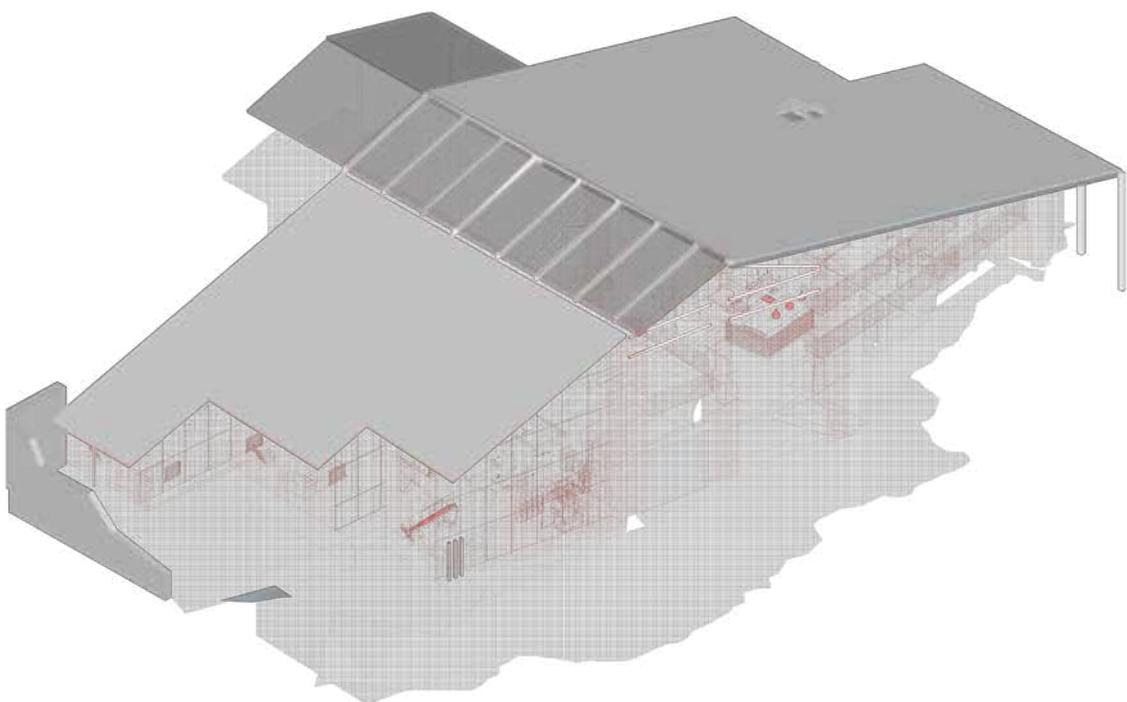
Structural system of pillars and walls



The structural system of the house is composed by the 3 main columns in the the central body of Casa Corte, the stone walls from its begining, a new proposal of load-bearing walls in stone and the independant structure in wood of the roof.

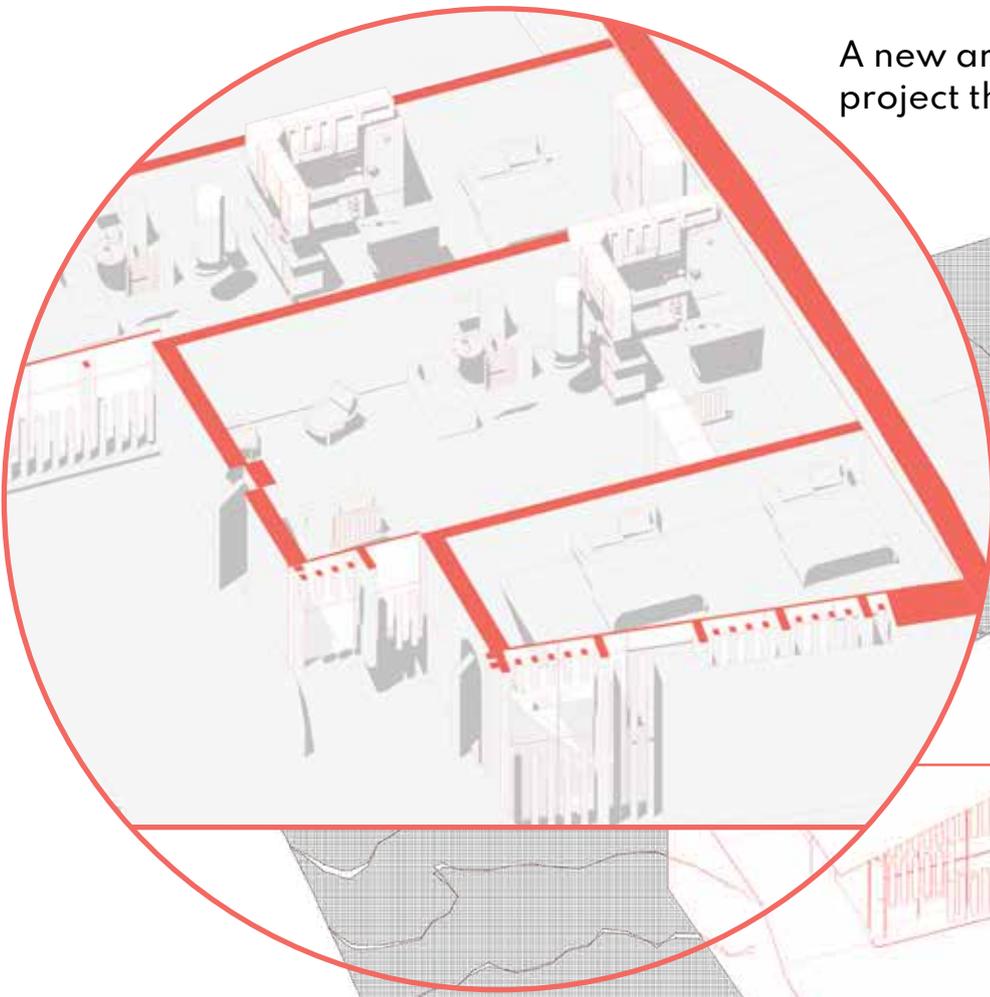
Il sistema strutturale della casa è composto dalle 3 colonne principali nel corpo centrale di Casa Corte, i muri in pietra fin dall'inizio, una nuova proposta di muri portanti in pietra e la struttura indipendente in legno del tetto.

● Structure / Struttura



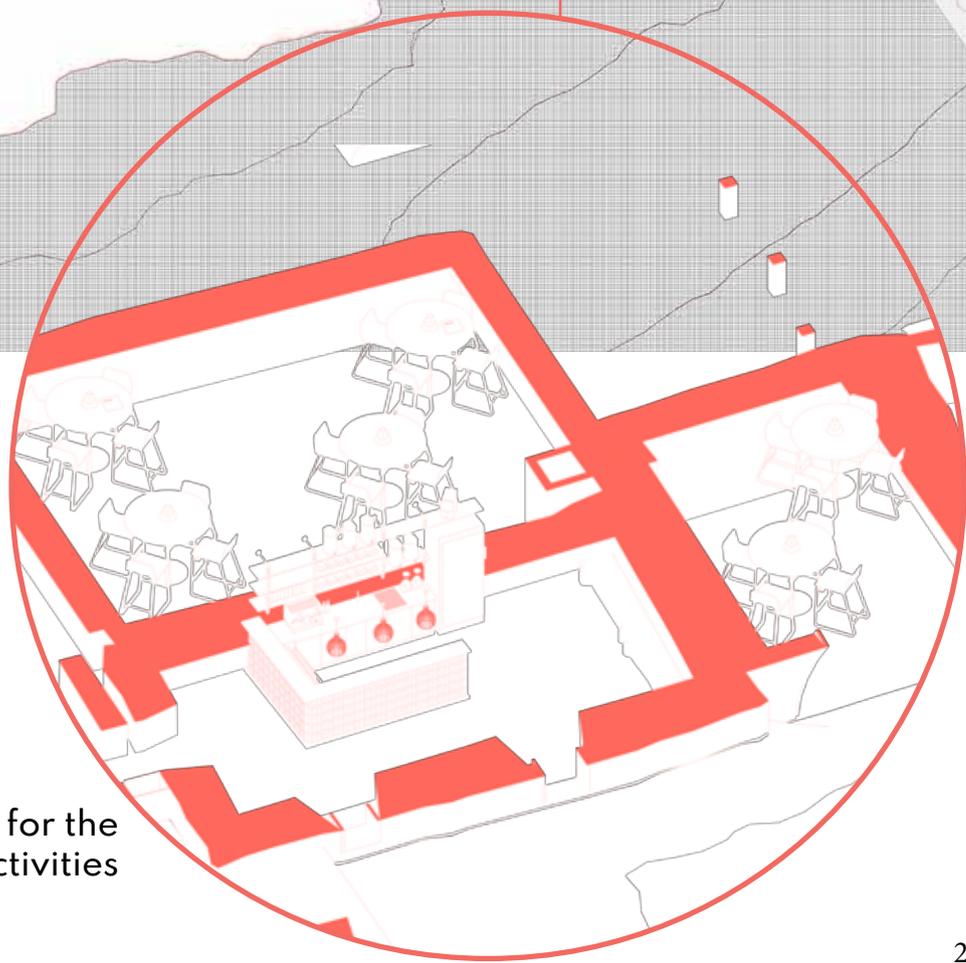
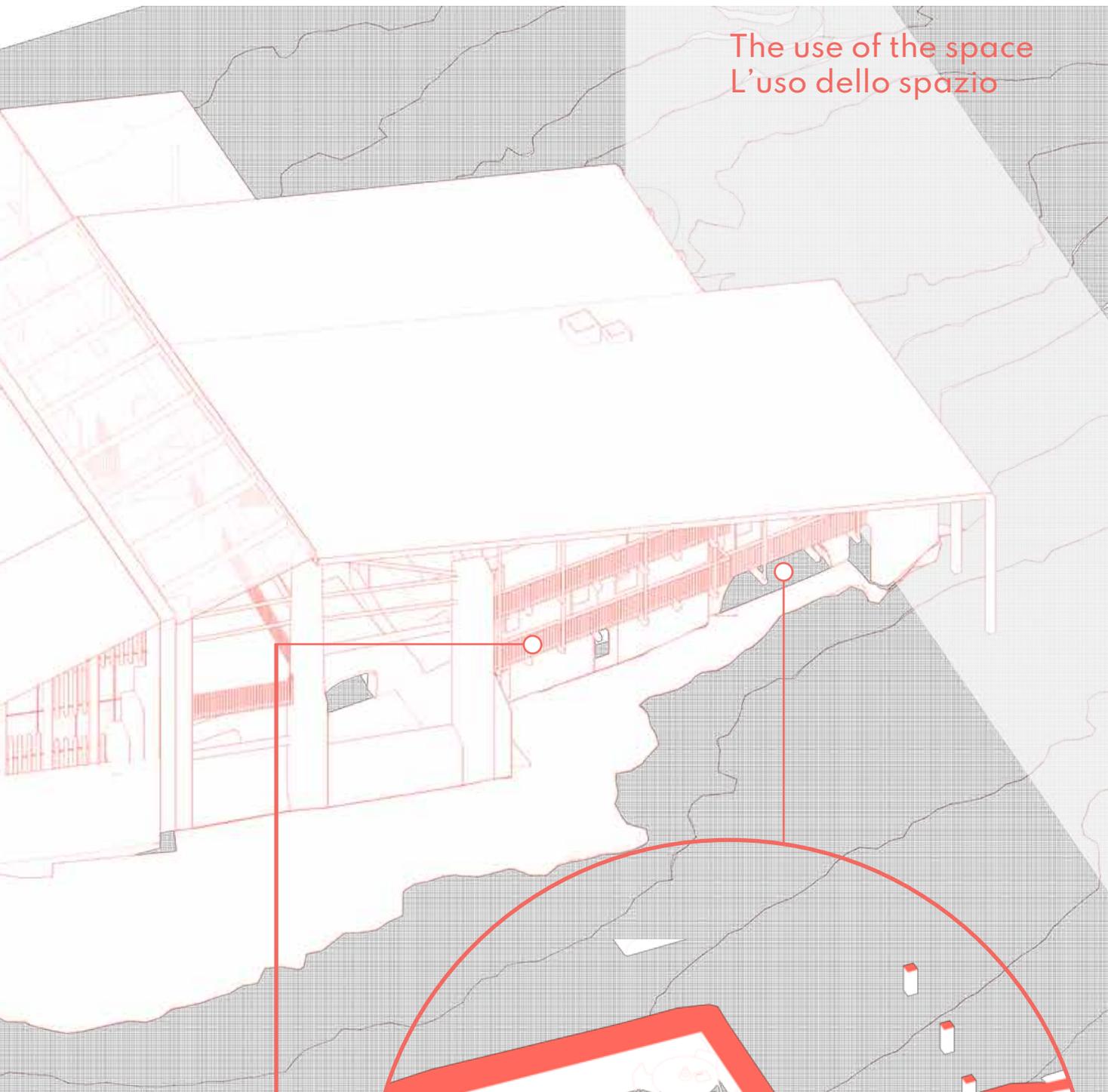
Independant structural system of the roof

A new architecture to project the habitat units



First and second floor are used to develop the host activities

The use of the space
L'uso dello spazio



Use of the vaults for the
bar/cafe activities

CHAPTER 7

Conclusion

CAPITOLO

7

Conclusione

This thesis paper is research that can be taken into consideration as a method and an approach applicable to other architectural realities, for the integration of 3D and 2D methods and tools for building scale modelling and cartographic restitution. Drawing attention to all the methods used, the UAV photogrammetry, terrestrial LiDAR, and two types of MMS (Zeb_revo RT by Geoslam and the Lidar sensor equipping the I-phone); the results obtained for Casa Corte were very convincing since they were accurate, dense and we can say also exciting. Without the use of these Geomatics tools, it would not have been possible to generate significant and metrically accurate 2D drawings and 3D models for Casa Corte, examining its circumstances in the current time. Although the UAV point clouds and LiDAR scans were very effective in capturing the exteriors, the ZEB Revo RT tool and the I-phone LiDAR device were very beneficial in rapidly capturing the exteriors as well as the interiors of Casa Corte. However, none of this would have been possible without the thoughtful integration of other approaches and pertinent information from the topographical point of view that provided georeferenced data and also obviously from the historical and the built heritage analysis perspective.

It can also be helpful to observe the several three-dimensional elaborations given in this thesis via images in an interactive-dynamic way in order to better understand the information present and to directly compare the models produced from the various instrumentations before their final integration. In this framework, the final 3D model can be considered also a very good tool for communication purposes and for material culture diffusion, since the fruition is immediate and easy.

Questo lavoro di tesi è una ricerca che può essere presa in considerazione come metodo e approccio applicabile ad altre realtà architettoniche, per l'integrazione di metodi e strumenti 3D e 2D per la modellazione in scala degli edifici e la restituzione cartografica. Richiamando l'attenzione su tutti i metodi utilizzati, la fotogrammetria UAV, il LiDAR terrestre e due tipi di MMS (Zeb_revo RT di Geoslam e il sensore Lidar che equipaggia l'I-phone), i risultati ottenuti per Casa Corte sono stati molto convincenti in quanto accurati, densi e, possiamo dire, anche emozionanti. Senza l'uso di questi strumenti geomatici, non sarebbe stato possibile generare disegni 2D e modelli 3D significativi e metricamente accurati per Casa Corte, esaminando le sue condizioni nel momento attuale. Sebbene le nuvole di punti UAV e le scansioni LiDAR siano state molto efficaci nel catturare gli esterni, lo strumento ZEB Revo RT e il dispositivo LiDAR dell'I-phone sono stati molto utili per catturare rapidamente gli esterni e gli interni di Casa Corte. Tuttavia, nulla di tutto ciò sarebbe stato possibile senza la ponderata integrazione di altri approcci e informazioni pertinenti dal punto di vista topografico che hanno fornito dati georeferenziati e anche, ovviamente, dal punto di vista dell'analisi storica e del patrimonio edilizio.

Può anche essere utile osservare le diverse elaborazioni tridimensionali fornite in questa tesi tramite immagini in modo interattivo-dinamico per comprendere meglio le informazioni presenti e per confrontare direttamente i modelli prodotti dalle diverse strumentazioni prima della loro integrazione finale. In questo quadro, il modello 3D finale può essere considerato anche un ottimo strumento di comunicazione e di diffusione della cultura materiale, in quanto la fruizione è immediata e semplice.

It is no coincidence that the continuous geometric model based on NURBS was used during the development of the thesis also to represent the schematic phases of transformation of the building and to represent the prefiguration of intervention and reuse of the collective building.

For this reason, the design approach shows how the data obtained with the help of geomatics techniques can be used to generate a very clear and precise 3D model, which in turn helped us in producing the new concept for Casa Corte. We have been able to consider the conservation of typical traits of the historical configuration and foresee another time a building than allow conceiving a close connection between private and collective spaces. The general study enabled us to hone in on the very current problems faced, namely depopulation of alpine spaces and Refuge Housing.

Non è un caso che il modello geometrico continuo basato su NURBS sia stato utilizzato durante lo sviluppo della tesi anche per rappresentare le fasi schematiche di trasformazione dell'edificio e per rappresentare la prefigurazione dell'intervento e del riuso dell'edificio collettivo.

Per questo motivo, l'approccio progettuale mostra come i dati ottenuti con l'aiuto delle tecniche geomatiche possano essere utilizzati per generare un modello 3D molto chiaro e preciso, che a sua volta ci ha aiutato a produrre il nuovo concept di Casa Corte. Abbiamo potuto considerare la conservazione dei tratti tipici della configurazione storica e prevedere un'altra volta un edificio che permettesse di concepire una stretta connessione tra spazi privati e collettivi. Lo studio generale ci ha permesso di mettere a fuoco i problemi più attuali, ovvero lo spopolamento degli spazi alpini e le case rifugio.

Bibliography

1. Boggia, P., & Boggia, G. (1977). *La Valle Maira. L'arciere*.
2. Bonardi, C. (2009). *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese, Le Ville Maria. Mondovì*.
3. Cordero, M., & Chegai, M. (1996). *Valle Maira. L'arciere*.
4. Cordero, M. (1988). *Per Antichi Sentieri: Itinerari Culturali a marmora E canosio. L'arciere*.
5. Cortese, G. (2019). *Integrazione innovativa di termografia e fotogrammetria aeree da Uav per l'analisi del costruito storico (thesis)*.
6. Dalmasso, D. (1998). *Abitare l'alta montagna: Canosio in Valle Maira*.
7. Dematteis, L., Doglio, G., & Maurino, R. (2003). *Recupero Edilizio e Qualità del Progetto. Pri malpe*.
8. Doglio, G., & Maurino, R. (1995). *Recupero: Come fare? Appunti Sul problema della ristrutturazione della casa alpina. L'arciere*.
9. Eisenbeiß, H. (2009). *Uav photogrammetry (PhD thesis)*.
10. Eventi edizioni. (2011). *Val Maira: Ambiente, cultura e tradizioni di un'affascinante Valle Occitana*.
11. Gomarasca, M. A. (2009). *Basics of Geomatics. Springer*.
12. Gullino, G. (2008). *Gli statuti Della Valle Maira Superiore (1396-1441). Società per gli studi storici, archeologici ed artistici della provincia di Cuneo*.
13. Hata, K., & Savarese, S. (2017). *CS231A Course Notes 3: Epipolar Geometry*.
14. Lowe, D. G. (2004). *Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of Computer Vision, 60(2), 91-110. <https://doi.org/10.1023/b:visi.0000029664.99615.94>*
15. Mandracci, V. C. (1988). *Piemonte. Laterza*.
16. Massimo, L. (1993). *L'architettura di Val Maira*.
17. Massimo, L. (1999). *Architettura Tradizionale: Tra Piemonte & Provenza. Coumboscuro centre provençal*.
18. Olivero, R. (2009). *Macchine ad acqua: Mulini in Valle Maira. I libri della bussola*
19. 27. *Operational Data Portal. Situation Ukraine Refugee Situation. (n.d.). Retrieved June 18, 2022, from <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>*
20. *Piano Paesaggistico Regionale (PPR). Regione Piemonte. (2022, June 16). Retrieved June 16, 2022, from <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/paesaggio/piano-paesaggistico-regionale-ppr>*
21. *Pietro Tarozzo, 2020, Dimenticata: Genesi e oblio della strada dei Cannoni in Val Maira, Processo conoscitivo tra fonti storiche, cartografia integrata da strumenti Gis e fotogrammetria speditiva [Tesi di laurea magistrale]. Torino: Politecnico di Torino*
22. *Rabbia, A. (2018). Indagini sulle necropoli etrusche nel parco archeologico di baratti e popolonia, Integrazione di strumenti avanzati per il rilievo metrico 3D e la rappresentazione deidati in ambiente artografico tramite strumenti Gis (thesis)*.
23. *Rossi, A. D., Mamino, L., & Regis, D. (1998). Le Terre Alte: Architettura Luoghi Paesaggi delle Alpi Sud-Occidentali. L'arciere*.
24. *Regis, daniele. (1970, January 1). Atlante dei Borghi Rurali Alpini. Il Caso paraloup. IAM. Retrieved July 10, 2022, from <https://areeweb.polito.it/ricerca/IAM/?p=1223>*

25. Soudarissanane, S. S. (1970, January 1). The geometry of terrestrial laser scanning; identification of errors, modeling and mitigation of scanning geometry. TU Delft Repositories. Retrieved June 16, 2022, from <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:b7ae0bd3-23b8-4a8a-9b7d-5e494ebb54e5?collection=research>
26. Spanò, A., Sammartano, G., Calcagno Tunin, F., Cerise, S., & Possi, G. (2018). GIS-based detection of terraced landscape heritage: Comparative tests using regional Dems and UAV Data. *Applied Geomatics*, 10(2), 77–97. <https://doi.org/10.1007/s12518-018-0205-7>
27. Spanò, A., Chiabrando, F., & Lingua, A. (2019). Nuove tecnologie di rapid mapping. *Ricerche di soluzioni innovative ed esperienze formative. ATTI E RASSEGNA TECNICA.* - ISSN 0004-7287, 41–53.
28. Spanò, A., (2020-2021). *Principles of Photogrammetry*, Politecnico di Torino.
29. Spanò, A., (2020-2021). *Digital Photogrammetry and images capturing*, Politecnico di Torino
30. Surace, L. (1998, January 1). *La Georeferenziazione delle Informazioni Territoriali*: Semantic scholar. undefined. Retrieved June 25, 2022, from <https://www.semanticscholar.org/paper/La-georeferenziazione-delle-informazioni-Surace/ae62ald7521a9ad59f6ba8171de6087ecf6eaae>
31. Tunin, F. C., & Cerise, S. (2017). Il recupero della borgata alpina di Ferriere in Valle Stura: sperimentazione tra metodi innovativi di rilievo da drone e Gis, tecniche costruttive tradizionali e progetto sostenibile.
32. United Nations. (2000). *Handbook on Geographic Information Systems and digital mapping*.

Sitography

1. Photogrammetry. (n.d.). Retrieved June 16, 2022, from <https://www.photogrammetry.com/>
2. CS231A course notes 3: Epipolar Geometry - Stanford University. (n.d.). Retrieved June 16, 2022, from https://web.stanford.edu/class/cs231a/course_notes/03-epipolar-geometry.pdf
3. Bhupendra Sharma. (2021, February 10). What is LIDAR Technology and how does it work? *Geospatial World*. Retrieved June 16, 2022, from <https://www.geospatialworld.net/blogs/what-is-lidar-technology-and-how-does-it-work/>
4. What is Lidar and how does it work? *GeoSLAM*. (2022, April 25). Retrieved June 16, 2022, from <https://geoslam.com/what-is-lidar/>
5. What is slam? simultaneous localization and mapping. *GeoSLAM*. (2022, April 25). Retrieved June 16, 2022, from <https://geoslam.com/what-is-slam/>
6. 2. introducing GIS. 2. *Introducing GIS - QGIS Documentation documentation*. (2022, April 1). Retrieved June 16, 2022, from https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/gentle_gis_introduction/introducing_gis.html
7. <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/paesaggio/piano-paesaggistico-regionale-ppr>
8. <http://www.carquero.com/proyectos/consolidacion-restauracion-del-castillo-matrer-a-cadiz/>
9. (<https://www.archdaily.com/783861/cadiz-castle-restoration-interesting-interpretation-or-harmful-to-heritage>)
10. <https://www.theplan.it/eng/award-2017-culture/recupero-della-borgata-paraloup-1>

ACKNOWLEDGEMENTS FROM THE AUTHORS

Antonio Caleca:

Essere arrivato fin qui, aver raggiunto questo obiettivo mi rende pieno, ma ho ancora “fame”.

Se dovessi chiedermi chi è adesso Antonio, direi che è una persona radicalmente diversa, molto più matura, capace, curiosa, in cerca di nuovi stimoli.

Aver fatto questa scelta mi ha portato ad affrontare diverse sfide, con me stesso e nel rapporto con gli altri, a conoscere persone fantastiche, che hanno ampliato i miei orizzonti, accresciuto la mia personalità, che mi hanno regalato esperienze indimenticabili, rendendomi una persona migliore.

Voglio innanzitutto ringraziare Nicolas e Jaysheel, colleghi ma soprattutto amici, per la loro passione in ciò che abbiamo fatto, per l'amore e la cura verso questo lavoro, per i loro sorrisi e parole di conforto nei momenti difficili. Grazie, perchè senza di voi questo lavoro non sarebbe stato lo stesso.

Alla mia famiglia, ai miei genitori, che hanno sempre creduto in me, anche quando io non l'avrei fatto, che hanno appoggiato ogni mia scelta, che si sono presi carico di immensi sacrifici per darmi quest'opportunità e a cui devo tutto per ciò che sono oggi.

Grazie alla mia sorellina, Lorena. A suo marito Lorenzo, come un secondo fratello per me. Sempre presenti, dispensatori di saggezza e fonte di ispirazione, siete una famiglia stupenda e vi auguro il meglio.

RINGRAZIAMENTI DEGLI AUTORI

Alla mia seconda famiglia, gli amici di una vita, Vicio, Melo, Mario, Manfro, Jack, Palmo, compagni fedeli, fratelli, perchè ci siete sempre stati, in ogni viaggio, esperienza e in ogni momento bello che io ricordi. Perchè mi conoscete meglio di chiunque altro e perchè nonostante lontani nella quotidianità, troviamo sempre un pretesto per rivederci.

A Fabri ed Ele, le persone a cui probabilmente voglio più bene, che ho conosciuto qui a Torino e mi hanno accompagnato in questa formidabile esperienza universitaria, grazie per tutte le giornate passate insieme, per tutte le nottate trascorse davanti ad un pc o davanti un buon bicchiere di mirto. Siete stati fondamentali.

Antonio

Nicolas Gonzales:

“Yo te di la gloria aquí en la tierra, al terminar la obra que me encargaste. Ahora, Padre, llévame a la gloria que compartíamos antes de que comenzara el mundo.”

Juan 17:4-5 NTV

Gloria a ti Papá por este logro tan esperado en los últimos 9 años de mi vida. Un recorrido que estuvo lleno de crecimiento, esfuerzo, felicidad, sufrimiento, desilusiones y una que otra caída, pero siempre juntos ayudándome a levantar, así que te doy gracias a ti Dios por este gran paso.

No hubiera sido posible sin el apoyo de mi familia, mi papá Giovanni, mi mamá Yolanda, son mi gran ejemplo y mi bendición más grande, y me preciosa hermana Laura. A mis padres que han sacrificado todo por dármele a mi, este logro también es de ellos. Durante este recorrido conocí y compartí momentos inolvidables con personas inolvidables. Quiero agradecer a mi universidad: Pontificá Universidad Javeriana que sembró en mi la pasión y el amor por mi profesión y algunos profesores que fueron cómplices en esto: Emilio y Andres Ibañez. A mi novia Martyna por compartir este logro conmigo, a mis abuelos Alfredo (qué me ayudo con mis maquetas) mi abuela Gladys, mi abuela Maria Ruby y mi abuelo Francy. A mi tío Nelson y su esposa Gladys que me salvaron la vida cuando más lo necesitaba y me presentaron a Jesús. Además a mis colegas y amigos de pre grado: Nicolle, Daniel, Santiago, Daniel, Hector, Esteban. A mis amigos del colegio: Berdugo, Tapi, Hurtado, Osorio, Nicolas, Sergio y Roro. A mi gran amigo Julian. A mi segunda familia del Lugar de su Presencia: Nico y Estebitan.

A mi gran familia Hillsong Turin, sin ellos no hubiera sido posible afrontar cada desafío en especial a Noemi y Fabrizio. A mis amigos del Politecnico di Torino: Mahmoud, Sena, Elena. Las grandes amistades que he hecho en estos últimos 3 años de mi estadía en Torino: Suvham, Riccardo, Thomas, Vanessa, Prateek, Dana, Francesco, Manuela, Ana, Kasia, Tzamn, Al Biomimicry Institute por la oportunidad increíble de ganar uno de sus concursos y las personas que trajo a mi vida: Dominique. A Arko Projects: Ethel, Carolina y Valery por ayudarme a crecer como arquitecto, a PFGG que confió en mi y me ayudo a dar lo mejor como profesional de la arquitectura. A mie profesora tutora de tesis Nanina Spano' y Roberto Olivero.

Y un agradecimiento a mis grandes amigos y colegas, que sin ellos no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo: Antonio y Jaysheel, son unos cracks!

Jaysheel Shah:

I began my journey in Architecture and Design in 2013. I have had some great opportunities to learn from some of the best in the town which has always made me known to keep my head up and push through the challenges coming in the way. The fact that I have always been sports-oriented and have spent time with some fantastic people who are a part of Football Club Xavier's are by-products of my journey and my mentality to never give up.

The cherry on top of my career was being mentored by SPASM design architects in India for about a year which boosted my fascination of getting more knowledge in the field of sustainability in architecture that end up me joining this masters course at PoliTo. Now that I've reached this life milestone, it's time for me to make the most of it, continue on this lovely creative adventure, and never stop learning.

Thank you for working so hard to make this happen, and congratulations to Antonio and Nicolas for standing up with me on this milestone.

I want to express my gratitude to my parents and sister Aanya for their unwavering love and support of me. I will always be in their debt. Nishith, Aditya, Disha, and Gauri, my second family in Torino, and I have shared many wonderful moments together and will continue to do so as we progress in life.

Thank you so much to my friends, Ghaith, Alexandra, Joelle, Thierry, Arsalan, Mila, Iva, Laura, Mahmoud, Sena, Manoj, and Mutthu, who stayed by me during this journey and never stopped encouraging and supporting me. At this point in my life, I can also think of them as a large family.

And finally, Harshil, Dhairya, and Drishti, who have been by my side for nine years and have continuously mentored and shaped my life. I'm really grateful to you guys.

Jaysheel

